

la prévision à moyenne échéance

Introduction

L'extension de l'échéance des prévisions météorologiques réellement utilisables n'a cessé d'augmenter, grâce aux modèles numériques, devenus des outils indispensables, et à la puissance toujours accrue des ordinateurs. Au début des années 1970, la prévision météorologique au-delà de 3 à 4 jours d'échéance restait encore un exercice assez hasardeux bien que les modèles aient fait preuve de leur utilité pour la prévision à courte échéance. Aussi l'amélioration des modèles, en augmentant leur résolution spatiale et en simulant de façon plus réaliste les processus physiques, était la voie naturelle pour allonger l'échéance utile des prévisions au-delà de 4 jours. C'est dans cet esprit que 16 pays européens décidaient en 1974 de mettre des ressources en commun pour faire fonctionner, à Reading au Royaume-Uni, le CEPMMT (Centre Européen de Prévisions Météorologiques à Moyen Terme), chargé de mettre en exploitation le meilleur modèle possible pour effectuer des prévisions de 4 à 10 jours d'échéance. Cette approche purement déterministe nécessitait de partir d'une situation initiale définie soigneusement en utilisant toutes les données d'observation disponibles, puis de faire fonctionner un modèle de prévision couvrant la terre entière avec la meilleure résolution possible et capable de simuler correctement les divers processus physiques à l'œuvre dans l'atmosphère. Ceci requérait bien sûr la disponibilité d'un supercalculateur d'une puissance jusqu'alors inaccessible. Il est satisfaisant de constater que le pari a été relativement bien tenu puisque, depuis la production de sa première prévi-

sion opérationnelle en août 1979, le modèle du CEPMMT s'est imposé comme le modèle de référence pour la communauté météorologique internationale. Cependant, si cet excellent modèle fournit une information pertinente (par comparaison avec une prévision de type climatologique) jusqu'à 10 jours d'échéance, son utilité pour élaborer des prévisions météorologiques réellement utilisables au-delà de 4 jours d'échéance est restée assez limitée. Les erreurs constatées sur les champs prévus à moyenne échéance limitent sérieusement les tentatives des prévisionnistes pour les interpréter et décrire avec précision l'évolution du temps sensible.

Les difficultés de la prévision à moyenne échéance

L'insuccès relatif rencontré dans l'élaboration des prévisions à moyenne échéance n'était due en rien à une quelconque mauvaise volonté des prévisionnistes et la preuve en a été administrée de façon éclatante lorsque des expériences réalisées avec les meilleurs modèles ont montré qu'en partant de situations initiales voisines compatibles avec les erreurs d'observation, on pouvait obtenir au-delà de 4 jours d'échéance, des prévisions radicalement différentes sur un territoire donné. **La figure 1**, qui présente la dispersion des isothermes 0 °C à 850 hPa, obtenues à partir de situations initiales voisines, démontre bien la difficulté de fournir une prévision détaillée sur l'Europe au-delà de 4 jours. Néanmoins certaines structures d'assez grande échelle se retrouvent sur un grand nombre de prévisions. Cette constatation a fourni la base de départ de la prévision d'ensemble, technique consistant à rechercher les éléments prévisibles à moyenne échéance en mettant à profit la puissance de calcul sans cesse croissante des ordinateurs pour effectuer un grand nombre de prévisions.

Figure 1
Dispersion de l'isotherme 0 °C à 850 hPa sur un ensemble de prévisions pour une échéance de 120 heures.



Le principe de la prévision d'ensemble

Il est pratiquement impossible d'explorer toutes les solutions initiales possibles, puisque l'état de l'atmosphère globale est défini par plusieurs millions de variables dans les modèles modernes. L'ajout de perturbations aléatoires dans l'état initial, soient elles convenablement choisies pour satisfaire l'équilibre géostrophique et la relation hydrostatique, ne s'est pas révélé très efficace pour obtenir une dispersion notable des champs obtenus à l'aide d'un nombre restreint de prévisions. De récentes techniques permettent désormais de choisir les perturbations qui engendrent les ondes les plus instables dans le modèle et donnent une assez bonne dispersion des résultats. La diversification des prévisions peut également être recherchée en utilisant des modèles différents ou mêmes en utilisant directement les prévisions émises par divers centres de prévision utilisant des modèles du même type. Toutes ces techniques permettent ainsi de générer un ensemble de prévisions qui peuvent différer notablement les unes des autres.

Cette abondance de solutions ne facilite pas le travail du prévisionniste qui se trouve alors confronté à une avalanche de cartes qu'il est pratiquement impossible d'étudier individuellement en un temps limité. Cependant l'examen de cet ensemble montre qu'il existe des ressemblances parmi les diverses solutions proposées. Cette constatation a conduit à effectuer une classification permettant de regrouper dans des sous ensembles appelés classes les solutions qui présentent entre elles de grandes similarités. Par ailleurs l'évaluation des erreurs, à l'aide des paramètres statistiques traditionnels, montre que la prévision obtenue en faisant la moyenne de toutes les prévisions de l'ensemble est d'une qualité supérieure à celle des prévisions individuelles : c'est la diversité qui permet d'augmenter la précision. Il existe de nombreuses méthodes permettant d'effec-

tuer la classification des prévisions : une façon de procéder avantageuse consiste à rassembler dans une seule classe dite amas central les prévisions proches de la moyenne et à distribuer les autres prévisions suivant les diverses directions caractérisées par les prévisions éloignées de l'amas central. Cette classification permet de définir la prévision la plus probable (fournie par l'amas central) ainsi que diverses variantes. Le fait de disposer désormais d'un ensemble de prévisions permet également de fournir une information supplémentaire par rapport à la prévision purement déterministe. En effet si les solutions initiales sont équiprobables, alors il est possible d'utiliser l'ensemble des prévisions pour calculer la probabilité de réalisation d'un événement météorologique donné. Par exemple si 70 % des solutions de l'ensemble conduisent à une forte augmentation de la température moyenne, alors on peut annoncer que la probabilité de réalisation de cet événement sera de 70 %. Il faut noter que la prévision de probabilités différenciées peut être aisément vérifiée objectivement pour peu que l'on dispose d'un échantillon couvrant une période suffisante. Il suffit de compter le pourcentage de bonnes prévisions dans tous les cas où la probabilité annoncée est de 70 % ; la prévision de probabilité sera d'autant meilleure que le pourcentage de bonnes prévisions sera proche de 70 %. Ce contrôle peut être effectué pour toutes les classes de probabilité et permet d'évaluer en une certaine mesure la qualité de la prévision. En effet cette prévision ne sera réellement informative que dans la mesure où le système sera apte à fournir des probabilités différentes (la prévision de probabilité de réalisation d'un phénomène, basée sur sa climatologie, est excellente si la période considérée est normale, mais n'apporte cependant aucune information pertinente).

La prévision d'ensemble du CEPMMT et son utilisation à Météo-France

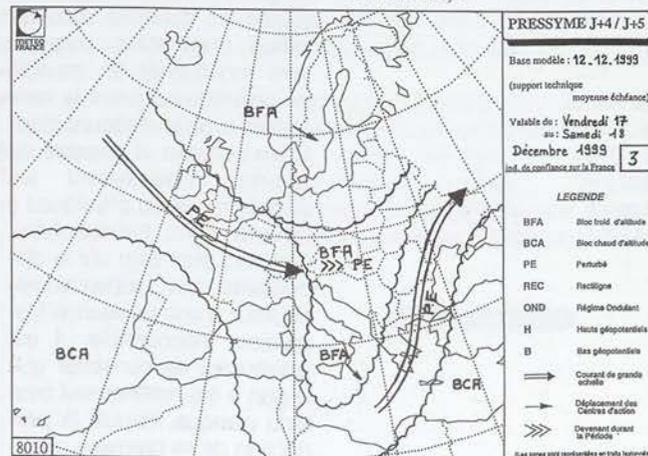
À l'heure actuelle le CEPMMT effectue chaque jour 52 prévisions à 10 jours d'échéance. L'une d'elle est celle qui est obtenue à partir de l'analyse de référence à l'aide du modèle dont la résolution horizontale est voisine de 50 km. Une seconde est obtenue à partir de la même analyse mais à l'aide d'une version du modèle dont la résolution horizontale est de l'ordre de 90 km ; la comparaison des résultats obtenus à l'aide de ces deux premiers modèles permet d'avoir une certaine idée des différences dues aux différences de résolution du modèle. Après avoir calculé les 25 perturbations optimales, celles-ci sont ajoutées et retranchées à l'analyse de référence pour fournir 50 analyses perturbées permettant d'obtenir autant de prévisions. On dispose ainsi d'un ensemble de 52 prévisions différentes. Ces prévisions sont ensuite regroupées en diverses classes pour lesquelles on calcule également les moyennes. Ce sont ces champs qui sont envoyés quotidiennement aux services météorologiques des Etats membres. En plus de ces prévisions par classes, des cartes de probabilité sont calculées pour la prévision de certains événements (fortes anomalies de la température moyenne, cumul important de précipitations).

La disponibilité de ces nouveaux produits a conduit Météo-France à revoir complètement sa façon de prépa-

rer ses prévisions à moyenne échéance. Jusqu'en 1998 les prévisions météorologiques étaient fournies jusqu'au jour 5, celles correspondant aux échéances les plus lointaines étant moins détaillées que pour les échéances les plus proches. En 1999 Météo-France a étendu l'échéance de la prévision jusqu'à 7 jours : jusqu'au jour 3 les prévisions sont relativement détaillées alors que les prévisions pour les jours 4 et 5 d'une part et 6 et 7 d'autre part sont regroupées.

Alors que la prévision à courte échéance utilise essentiellement les résultats fournis par les modèles de Météo-France (Arpège et Aladin), la prévision à moyenne échéance est plutôt basée sur l'interprétation des caractéristiques de grande échelle fournies par la moyenne des prévisions du sous ensemble dénommé amas central. Le travail des prévisionnistes chargés d'interpréter les résultats consiste à décrire les caractéristiques de la prévision d'ensemble, à identifier le type de régime de temps prévu à l'aide de la moyenne (flux rectiligne, flux ondulant, blocage froid, blocage chaud), à placer les éléments prépondérants à l'échelle supra-synoptique sur une carte spécialisée (figure 2), puis à décrire les événements météorologiques qui leurs sont associés. De plus ces prévisions sont affectées d'un indice de confiance allant de 1 (grande incertitude) à 5

Figure 2
Présentation de la prévision supra-synoptique à usage interne (le document porte le nom de Pressyme (Prévision supra-synoptique à moyenne échéance)).



(quasi-certitude), déterminé en se basant essentiellement sur le nombre de variantes significatives (au sens du temps sensible sur la France) indiquées par les différentes directions.

La fourniture de prévisions probabilistes, dont un exemple pour les précipitations est donné sur la **figure 3**, fait l'objet d'une diffusion encore restreinte. En effet pour être utilisée efficacement une prévision probabiliste doit être la plus exacte possible. La comparaison systématique des probabilités prévues pour un phénomène avec les fréquences de réalisation effective ont montré l'existence de biais. C'est la raison pour laquelle on effectue à partir des résultats bruts, une modification des probabilités prévues, appelée calibration, en vue de remédier au problème des biais. Par ailleurs pour utiliser de façon rationnelle une prévision probabiliste l'utilisateur doit être à même de définir de façon précise les sanctions à engager dans le cadre d'une activité donnée. Celles-ci vont dépendre bien entendu des coûts induits : devant un événement météorologique pouvant avoir des conséquences désastreuses, les coûts respectifs de l'événement subi d'une part et de la mise en place de mesures de protection efficaces d'autre part, sont des éléments essentiels à connaître afin de pouvoir effectuer un choix optimal. Et maintenant Il est à peu près certain que la voie de la prévision d'ensemble doit être poursuivie pour améliorer encore la prévision à moyenne échéance. L'ensemble des 52 situations actuellement générées au CEPMMT est encore insuffisant pour balayer toutes les possibilités et il arrive que la réalité s'écarte notablement de toutes les solutions prévues.

On peut mettre à profit les différences entre modèles, voire entre systèmes de prévision, afin de renforcer la diversité dans l'ensemble des prévisions. L'avantage important de la prévision d'ensemble sur la prévision classique, déterministe, est que ce système permet de fournir une prévision probabiliste. En effet en raison de la nature de l'atmosphère, dont le comportement est chaotique, on sait qu'il est vain de prétendre déterminer avec certitude ses états futurs à partir d'un état initial insuffisamment déterminé. Dans ces conditions la prévision des probabilités, que permet de réaliser la prévision d'ensemble, paraît être, d'un point de vue scientifique, la meilleure façon d'apporter une information réellement utile. Cette façon d'appréhender la prévision météorologique ne devrait d'ailleurs pas se limiter à la moyenne échéance, et il est fort probable que celle-ci doit être généralisée y compris pour la courte échéance.

• M. COIFFIER •

Pour en savoir plus.....

- Atger F., 2000. *La prévision du temps à moyenne échéance en France : à paraître dans LaMétéorologie.*
- Dupuy P., 1999. *La prévision à moyenne échéance : Met-Mar n° 183.*
- Dupuy P., 1999. *Prévision d'ensemble et indice de confiance : Met-Mar n° 183.*

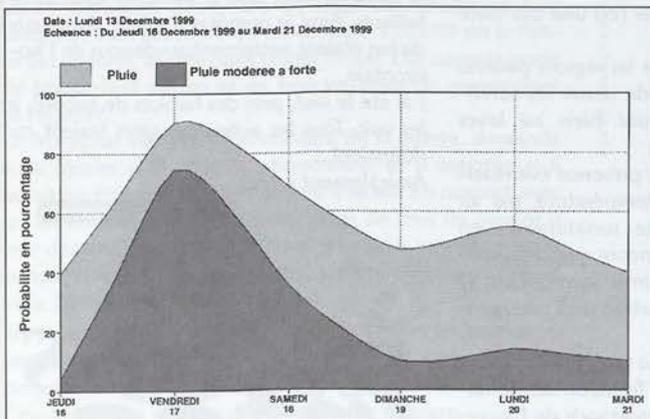


Figure 3
Présentation de la prévision probabiliste obtenue pour deux classes de pluie sur la région parisienne.