

Les besoins en observations des prévisionnistes

Jacques Manach

Météo-France - Direction de la prévision
42, avenue Gaspard-Coriolis - 31057 Toulouse Cedex
jacques.manach@meteo.fr

Résumé

Les prévisionnistes ont un besoin évident d'observations météorologiques pour leurs activités de veille météorologique, de prévision immédiate et pour améliorer leur niveau d'expertise. Après avoir précisé ce besoin, cet article détaille les exigences des prévisionnistes. Une description de l'évolution des systèmes d'observation météorologique disponibles est ensuite effectuée avant une évaluation des moyens et des méthodes facilitant l'accès à ces données.

Abstract

The forecasters' observational requirements

Forecasters have an obvious need of meteorological observations for the weather watch, nowcasting, and for the improvement of their expertise; these needs are detailed. A description of the development of observing systems data is given, followed by an evaluation of the means and methods to facilitate the access to these data.

Les progrès en matière d'observation

Au cours des dernières années, le travail du prévisionniste a été profondément transformé en raison, d'une part, des progrès de la modélisation numérique (Pailleux, 2002) et, d'autre part, de l'accroissement du volume des données d'observation disponibles. Bien évidemment, ces progrès en matière d'observation ont directement bénéficié à la modélisation numérique. Mais, dans le même temps, sont apparues de nouvelles utilisations des données d'observation dans le quotidien du prévisionniste et cette évolution ne va pas manquer de se poursuivre.

Prévisionniste devant une station Aspic. Une application de la prévision immédiate : la prévision des précipitations sur les courts de tennis du tournoi de Roland-Garros à Paris.

Veille météorologique et prévision immédiate

L'activité de veille météorologique et la prévision immédiate ont en commun d'utiliser directement les données observées, sans traitement par un modèle numérique. Elles constituent l'une des justifications principales du déploiement par les services météorologiques nationaux de systèmes d'observation opérationnels qui impliquent des investissements et des coûts de fonctionnement importants.

Par activité de **veille météorologique**, on entend ici la détection de phénomènes météorologiques potentiellement



dangereux, dans un souci de surveillance permanente de la situation météorologique et de vérification en continu de la « conformité » de celle-ci à la prévision à courte échéance

La **prévision immédiate** – en fait la prévision pour des échéances comprises entre « tout de suite » et « quelques heures » – repose directement sur l'observation des phénomènes. Le prévisionniste dispose d'un outil lui permettant de visualiser et de traiter des données issues de différents systèmes (réseaux de mesure au sol, radars et satellites), pour procéder à une synthèse et effectuer une extrapolation afin, par exemple, de prévoir l'arrivée des précipitations sur un site.

L'activité de veille météorologique implique une surveillance détaillée de l'évolution de l'atmosphère, en « temps réel », et la confrontation avec l'évolution prévue par les modèles numériques. Cette comparaison permet dans certains cas de déceler un mauvais démarrage du modèle aux premières échéances et d'amender en conséquence la prévision finalisée.



Exemple d'observation discriminante : image satellitaire dans le canal vapeur d'eau du lundi 13 mai 2002 à 12 h UTC. Cette image, caractérisée par un fort contraste dans le nord-ouest de l'Espagne, constitue une information essentielle sur une frontogénèse en cours sur le golfe de Gascogne. Un front de rafales va atteindre les côtes atlantiques de la France vers 15 h UTC.

Enfin, la veille météorologique inclut une surveillance – appelée **monitoring** – des données utilisées dans l'étape d'analyse, afin de qualifier le scénario prévu par le modèle. En effet, les méthodes d'analyse automatique, qui utilisent les observations pour amender une ébauche issue d'un modèle, peuvent conduire au rejet de données s'écartant trop de cette ébauche : le plus souvent, il s'agit effectivement de données fausses ;

mais, dans certains cas, elles peuvent sortir des limites qui ont été imposées à l'évolution possible du paramètre par le modèle, tout en étant justes. C'est ce qui s'est produit lors des tempêtes qui ont affecté la France en décembre 1999 : des données parfaitement valides sur le proche Atlantique n'ont pas été prises en compte dans un premier temps car jugées aberrantes par l'analyse automatique (Gérard, 2000). À l'instar de ce qui se fait depuis plusieurs années au Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMET), à Reading, le monitoring devrait continuer à se développer dans les différents services météorologiques, mettant à la disposition des prévisionnistes une information synthétique sur la qualité de l'analyse automatique.

L'expertise du prévisionniste repose pour une grande part sur une compétence de haut niveau, acquise au cours d'une formation spécialisée comportant à la fois des enseignements théoriques et de la pratique. Cependant, l'utilisation au quotidien des observations renforce cette expertise. Le prévisionniste peut ainsi

mieux appréhender les liens entre les structures particulières des champs météorologiques et le temps sensible. L'examen détaillé des observations favorise aussi une meilleure évaluation de la variabilité, tant spatiale que temporelle, des paramètres météorologiques pour une situation donnée (par exemple, la variabilité des rafales de vent ou des quantités de précipitations observées est

beaucoup plus grande que celle des champs prévus par les modèles). Enfin, l'étude des observations développe la faculté d'identifier parmi les multiples sources de données celle qui se révèle discriminante, confirmant ou infirmant une évolution envisagée lors de la prévision.

Concernant l'importance de cette expertise, il convient de souligner que les modèles numériques décrivent l'atmosphère essentiellement par l'inter-

médiaire de valeurs moyennes pour les différents paramètres, alors que le prévisionniste doit appréhender le temps qu'il fera, c'est-à-dire l'apparition de divers phénomènes météorologiques, la nature des précipitations ou encore les valeurs extrêmes de température ou de vitesse du vent.

Les besoins du prévisionniste

Les besoins du prévisionniste en matière d'observation sont globalement différents de ceux de la prévision numérique. Aujourd'hui, pour définir l'état initial des modèles, la prévision numérique requiert essentiellement des mesures instrumentales reliées plus ou moins directement aux composantes horizontales du vent, à la température et à l'humidité, avec une résolution horizontale de quelques dizaines de kilomètres, à différents niveaux verticaux – quelques dizaines – situés entre le sol et 50 kilomètres d'altitude, complétées par la pression de surface caractérisant la masse totale de l'atmosphère (Pailleux, 2002). Quant à lui, le prévisionniste doit, d'une part, pouvoir être averti de l'occurrence des phénomènes dangereux qu'il a vocation à surveiller et, d'autre part, disposer d'observations lui permettant d'appréhender la vraisemblance, au niveau synoptique, de l'évolution de la situation météorologique décrite par les modèles.

Par exemple, afin de pouvoir informer efficacement les services de la Sécurité civile, le prévisionniste doit disposer d'informations détaillées sur les précipitations (fortes pluies, neige, grêle, pluies verglaçantes), la présence de brouillard ou de nuages bas, l'existence de vents forts, l'occurrence d'orages. La détection des phénomènes météorologiques potentiellement dangereux impose une continuité de l'observation dans le temps, notamment la nuit où la connaissance du temps sensible – comme la discrimination entre pluie et neige ou la présence de brouillard – constitue une préoccupation majeure ; elle nécessite aussi, dans la mesure du possible, une continuité dans l'espace. En ce qui concerne les autres domaines d'application de la prévision météorologique comme l'aéronautique, l'agriculture ou encore la marine, on pourrait de façon analogue énoncer les besoins propres en observations.

Que ce soit pour la veille météorologique ou encore pour la prévision immédiate des phénomènes dangereux,



Prévisionniste devant la station de travail Synergie. Cet outil permet au prévisionniste d'avoir accès à l'ensemble des informations qu'il doit traiter : prévisions issues des modèles numériques et observations en provenance des satellites, des radars et des différents réseaux au sol et en altitude.

le prévisionniste doit disposer d'observations en quantité suffisante. Elles doivent être fiables, précises et disponibles aussi vite que possible.

À l'échelle synoptique, la comparaison de la situation météorologique réelle avec celle que prévoit le modèle repose pour une grande part sur l'observation satellitaire. C'est ainsi, par exemple, que l'on peut aujourd'hui comparer une image satellitaire dans le canal vapeur d'eau, particulièrement informative sur la dynamique de la haute troposphère, à certains champs dynamiques comme l'altitude de la tropopause dynamique (altitude à laquelle le tourbillon potentiel prend une valeur de 1,5 PVU) ou même à des images vapeur d'eau « synthétiques » reconstituées à l'aide des paramètres physiques simulés, afin de juger de la vraisemblance du scénario prévu par le modèle (Georgiev et Martin, 2001).

De façon à pouvoir traiter efficacement ces données dont les sources sont diverses et dont le nombre ne cesse de grandir, il est indispensable de mettre à disposition du prévisionniste toutes ces observations sur une station de travail munie d'outils de visualisation et de comparaison et pouvant effectuer des traitements particuliers. Ainsi, à Météo-France, cette fonction est assurée de façon relativement efficace aux niveaux national et interrégional (stations de travail Synergie), tout comme au niveau départemental (postes Prévi-Surveillance).

L'évolution des observations disponibles pour le prévisionniste

L'importance reconnue des données d'observation, tant pour les besoins de la prévision numérique que pour ceux des prévisionnistes, et la faible densité des réseaux de mesures classiques

Superposition d'un champ de pression prévu par le modèle, d'une image satellitaire dans le canal visible et d'observations au sol. L'image visible et les observations de pression par les navires suggèrent un important creusement dépressionnaire, sous-estimé par le modèle.



(stations synoptiques et radiosondages), qui rend difficile la confrontation des observations avec les prévisions à échelle fine issues des modèles numériques, poussent les différents services météorologiques nationaux à entreprendre des actions de grande envergure pour améliorer les réseaux existants et développer de nouveaux systèmes. Leur mise en œuvre est possible à un coût raisonnable grâce aux progrès technologiques dans le domaine de l'automatisation de la mesure, d'une part, et de la transmission rapide des données, d'autre part. Les actions entreprises par Météo-France, dans le cadre de la mise en œuvre de son schéma directeur de l'observation pour la période 1999-2002, illustrent très bien cette évolution.

Le réseau Radome

La densification du réseau de mesure en surface, incluant les paramètres météorologiques de base – température, hauteur des précipitations et vent – ainsi que la description du temps présent, qui est essentielle pour le prévisionniste, s'effectue à Météo-France avec la mise en place du réseau Radome.

Cette action, qui a débuté en 1999 et qui devrait aboutir en 2003, permettra aux prévisionnistes de bénéficier, sur le territoire métropolitain, d'une concen-

tration en « temps réel » des mesures de température, de précipitations et de vent pour 550 stations dont les conditions de mesure sont qualifiées, de disposer d'alertes sur dépassement de seuils et, plus généralement, de pouvoir interroger ces stations avec une grande souplesse.

C'est ainsi que le prévisionniste pourra, par exemple, recevoir une alerte dès lors que le cumul de précipitations en une heure dépasse 20 millimètres. Il pourra aussi, pour surveiller une situation de vents forts, choisir de passer d'une interrogation horaire de la station à une interrogation toutes les six minutes.

Les capteurs de temps présent

L'installation dans le réseau de capteurs de temps présent est d'une importance primordiale. Sachant que l'observation humaine est limitée la nuit à une cinquantaine de sites sur le territoire métropolitain, l'information issue de tels capteurs, dont les performances sont aujourd'hui validées (campagne Prewic en mars 1998), permettra de repeupler les vastes « déserts » d'observation du temps sensible, notamment la nuit, et d'assurer une meilleure continuité temporelle. Ces nouveaux capteurs renseignent efficacement le prévisionniste, par exemple sur l'apparition de neige ou de brouillard (Leroy et Zanghi, 2002).

L'installation de ces capteurs pour assurer la continuité de l'observation du temps sensible doit être prioritaire sur des sites isolés afin de compléter le réseau synoptique, en particulier aux abords des massifs montagneux, dans des zones où la discrimination pluie-neige est essentielle. De même, la mise en place de tels équipements sur les aéroports de seconde catégorie permettra aux prévisionnistes aéronautiques, basés dans des centres météorologiques importants, de disposer des informations nécessaires pour établir les prévisions d'aéroport à distance et assurer le suivi des conditions météorologiques. L'utilisation des données issues de tels capteurs dans un contexte opérationnel nécessite le développement de logiciels efficaces d'interprétation ; en effet, lorsqu'un capteur détecte la présence de précipitations et de températures franchement positives (ou au contraire franchement négatives), le prévisionniste n'a pas de doute : il pleut ou bien il neige. C'est dans la zone intermédiaire, lorsque la température est voisine de 0 °C et qu'il y a doute dans l'esprit du prévisionniste, que le capteur doit apporter une réponse non ambiguë sur la nature des précipitations. Si le capteur ne sait pas faire cela, les prévisionnistes ne feront pas usage de ses données.



Capteur de temps présent opérationnel sur l'aérodrome de Dinard. (Photo Météo-France)

Les réseaux de télémètres de nuages et de visibilité, qui sont d'une importance cruciale pour la prévision aéronautique, devraient être mieux utilisés : en France, un réseau de plus de 100 télémètres fournit ainsi des informations qui pourraient être croisées, comme on le verra plus loin, avec celles issues des nouveaux satellites météorologiques pour déterminer la présence du brouillard.

Les réseaux de télémètres de nuages et de visibilité, qui sont d'une importance cruciale pour la prévision aéronautique, devraient être mieux utilisés : en France, un réseau de plus de 100 télémètres fournit ainsi des informations qui pourraient être croisées, comme on le verra plus loin, avec celles issues des nouveaux satellites météorologiques pour déterminer la présence du brouillard.

Les bouées

L'amélioration du réseau d'observation en surface concerne également les zones maritimes. L'installation de bouées ancrées permet de mieux connaître, outre les paramètres météorologiques courants, l'état de la mer et, par là, de mieux prévoir son évolution, ce qui est essentiel pour assurer, par exemple, la sécurité du trafic des

navires à grande vitesse (NGV) qui desservent la Corse (Rolland et Blouch, 2002).

Les mesures en altitude

En ce qui concerne les mesures en altitude, il n'est guère envisageable, en raison des énormes coûts induits, d'augmenter le nombre de stations de radiosondage ainsi que celui des navires météorologiques stationnaires. Cependant, l'amélioration des moyens de transmission et la miniaturisation des équipements rendent possibles, d'une part, l'acquisition des données mesurées à bord des avions de ligne et, d'autre part, l'installation à bord de navires marchands d'équipements de radiosondage quasi automatiques, à des coûts raisonnables.

Lâcher automatique d'un ballon de radiosondage à partir du navire américain *Sealand Achiever* dans le cadre du programme E-Asap. (©Eumetnet)





Deux configurations possibles pour le domaine HRV (High Resolution Visible) du satellite *MSG*, modifiable en vol. Compte tenu de la très forte résolution spatiale, il est nécessaire de restreindre le domaine pour limiter le volume total de données à transmettre depuis le satellite. La configuration de droite permet une bonne couverture de l'océan Indien pour les besoins de l'île de la Réunion.

L'acquisition des données de température et de vent mesurées à bord des avions de ligne en phase de croisière permet d'améliorer l'initialisation des modèles numériques, tandis que leur échantillonnage en phase de montée et de descente est d'un intérêt essentiel pour les prévisionnistes chargés de la prévision aéronautique sur les grandes plates-formes aéroportuaires. Cet intérêt ira grandissant avec l'amélioration prévue de la résolution verticale et l'ajout, dans l'avenir, de données d'humidité (Gaumet, 2002).

Sur les zones maritimes, la mise en place, à bord des navires marchands, de systèmes embarqués de radiosondage est un élément essentiel du renforcement du dispositif d'observation (par exemple, le programme E-Asap d'Eumetnet, réseau des services météorologiques européens).

La télédétection

Ces actions de renforcement des réseaux de mesure in situ sont largement engagées. La disponibilité opérationnelle des données correspondantes est aujourd'hui assurée, ou en passe de l'être, et ces nouvelles mesures viennent compléter celles qui sont issues des réseaux synoptiques traditionnels.

Dans le même temps, les performances des systèmes de télédétection continuent de s'améliorer. Les réseaux de détection de la foudre permettent au prévisionniste de connaître en temps réel la localisation des orages. C'est le

cas à Météo-France avec le réseau Météorage, et l'interconnexion, bien avancée à l'échelle européenne, des réseaux compatibles utilisés par les autres services météorologiques nationaux va faciliter le suivi des cellules orageuses.

En ce qui concerne la mesure radar, le réseau Aramis de radars de Météo-France continue de s'étoffer et permettra, à terme, une utilisation opérationnelle des lames d'eau sur l'ensemble du territoire métropolitain. Parallèlement à ce renforcement de la couverture radar pour les besoins hydrologiques, des actions sont en cours, dans le cadre du projet national Prévision immédiate lancé en mars 2001, pour la mise à disposition du prévisionniste d'une mosaïque radar à haute résolution (1 kilomètre) et pour un suivi de la qualité des images radar (indice sur la qualité de chaque pixel).

Dans le domaine de l'observation spatiale, grâce au nouveau satellite *Météosat seconde génération (MSG)*, lancé en août 2002 et dont la qualification opérationnelle est prévue courant 2003, le prévisionniste disposera d'une image toutes les 15 minutes à une résolution de 1 kilomètre pour le canal visible – soit une résolution et une fréquence doubles de celles des données disponibles sur l'ancien *Météosat*. L'imageur multispectral Seviri permettra, grâce à ses 12 canaux, de produire de jour comme de nuit une classification nuageuse qui sera fort utile au prévisionniste pour identifier brouillards et nuages bas. Cette classification

est développée par le Centre de météorologie spatiale de Météo-France dans le cadre du SAF Nowcasting (Centre d'applications satellitaires Prévision immédiate) d'Eumetsat.

C'est pour être en mesure de fournir au prévisionniste, dès la qualification opérationnelle du satellite *MSG*, les différents produits prévus dans le cadre des actions entreprises en France comme en Europe, que Météo-France a mis en place le projet Pampa (Préparer l'arrivée de *MSG*, ses produits, ses applications). Il ne faut toutefois pas considérer que *MSG* constitue une véritable révolution et que tout va changer pour les prévisionnistes. Ces derniers sont déjà familiarisés avec l'observation satellitaire : les produits de *MSG* ressemblent aux produits issus des autres satellites, même s'ils sont plus fins, plus précis et plus fréquents.

L'amélioration de l'accès aux données

L'accroissement important du volume de données disponibles pour le prévisionniste nécessite de lui donner les moyens d'accéder plus facilement à ces données sur son poste de travail. À Météo-France, ces moyens sont aujourd'hui opérationnels avec la station de travail Synergie ou le poste Prévision-surveillance qui vient d'être déployé dans les centres départementaux de la météorologie, même si quelques fonc-

tionnalités – par exemple les fonctions d’alerte sur certaines données – méritent encore d’être améliorées.

Afin de faciliter la synthèse que doit effectuer le prévisionniste pour tenir compte de tous les types de données, d’importants efforts doivent être entrepris suivant deux directions : d’une part, la fusion des données issues de plusieurs systèmes d’observation pour une meilleure appréhension de certains paramètres ou phénomènes et, d’autre part, la présentation pour un paramètre donné des éléments observés et des prévisions qui en sont faites sous une même forme.

Cette analyse peut restituer avec une très bonne résolution spatiale les structures particulières des champs de température et de vent qui favorisent la convection.

La fusion de données

Des développements sont en cours pour utiliser conjointement les données radar et les données des pluviomètres afin de fournir une information détaillée sur les zones précipitantes.

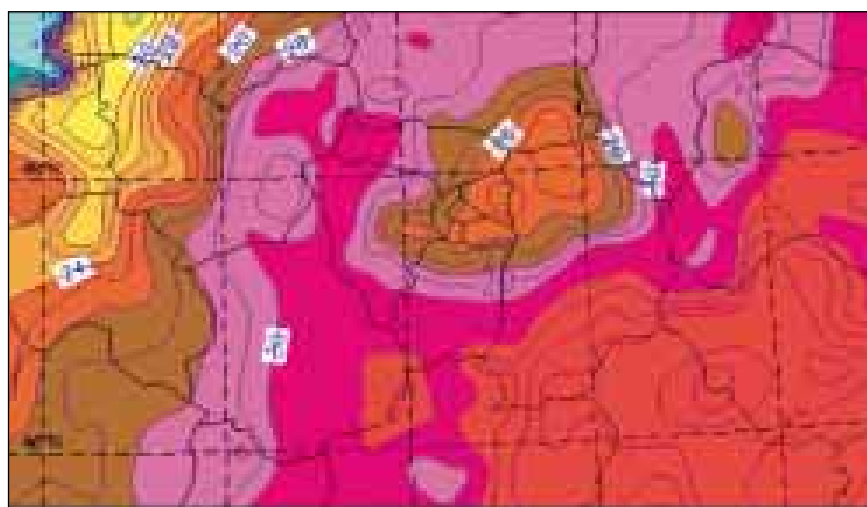
Le croisement entre la classification nuageuse de *MSG* et les observations

sée sur l’occurrence du brouillard, notamment pour les besoins de la météorologie routière.

Dans un même ordre d’idées, le produit RDT (Rapid Development Thunderstorm) de détection et de suivi des cellules convectives à développement rapide à partir d’images satellitaires – qui devrait être opérationnel courant 2003 avec la qualification de *MSG* – est déjà appelé à évoluer avec l’intégration de données complémentaires issues tout d’abord du réseau de détection de la foudre, puis des radars et des réseaux de surface.

La présentation des données

Pour le prévisionniste, il est particulièrement intéressant de disposer des prévisions du modèle sous une forme directement comparable à celle des observations. Il est déjà possible de fabriquer, à l’aide des profils de température et d’humidité prévus par le modèle, une image synthétique pouvant être comparée à l’image satellitaire dans le canal vapeur d’eau. Cette technique, qui ne requiert que la disponibilité d’un code de transfert radiatif, a été utilisée en Europe dans les services météorologiques anglais, espagnol et français. On peut également imaginer que, dans le futur, les modèles de prévision permettront, grâce à une meilleure prise en compte de la physique des nuages précipitants, de fabriquer des champs de réflectivité afin de les comparer avec les images radar.

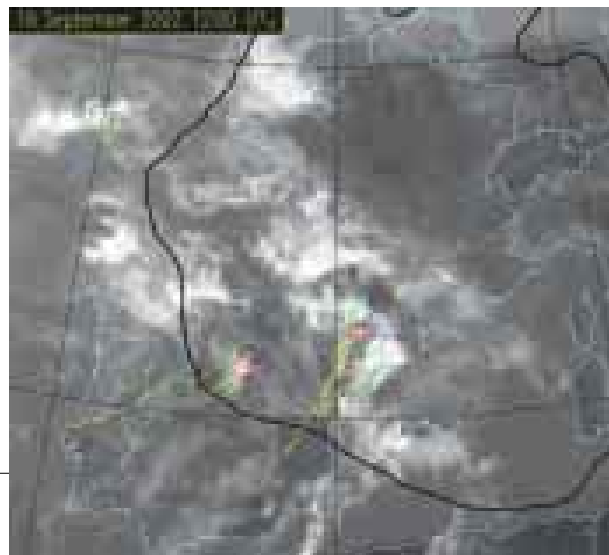


Analyse Diagpack à mésoéchelle de la température à 2 mètres sur le Bassin parisien (en noir le contour des départements). Situation avec orage fort le 25 août 2001 : l’analyse met bien en évidence le refroidissement derrière l’orage au nord de la Seine-et-Marne.

À Météo-France, l’analyse à méso-échelle Diagpack matérialise bien ces deux axes de progrès :

- Les observations prises en compte pour ces analyses à fréquence horaire, qui viennent corriger un état prévu par le modèle Aladin (avec une maille de 9 km), proviennent du réseau Radome. Il va bientôt être possible d’intégrer de nouvelles données d’altitude (profils verticaux transmis par les avions de ligne et données fournies par les profileurs de vent).
- Les résultats de ce processus d’analyse sont présentés sous une forme identique aux prévisions correspondantes du modèle, facilitant ainsi la comparaison entre prévision et réalité par le prévisionniste.

de la base des nuages à partir du sol, en utilisant les réseaux de télémètres, devrait permettre de discriminer brouillards et nuages bas et, ce faisant, de disposer d’une information spatiali-



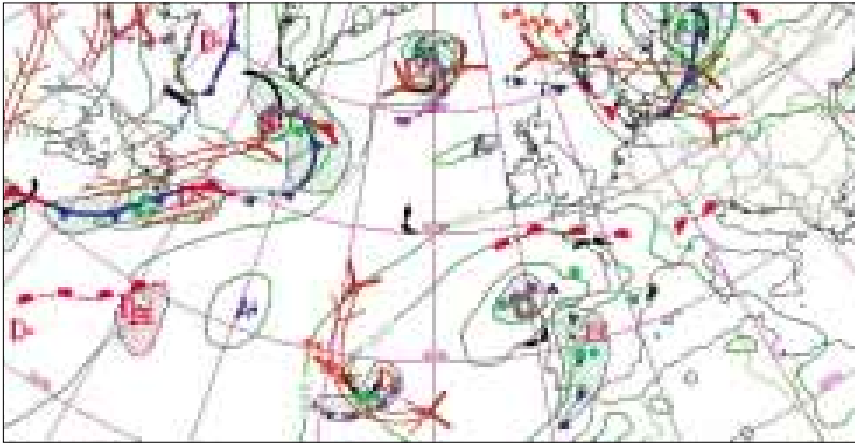
Produit RDT de suivi des systèmes convectifs. Image du 18.09.02 sur le Sud-Ouest de l’Europe. (Document Météo-France)

Dans le domaine aéronautique, la présentation graphique identique des données mesurées contenues dans les messages Metar et des données prévues encodées dans les messages TAF est

tout à fait utile pour permettre au prévisionniste un contrôle aisé des prévisions.

L’approche objet

Enfin, il faut souligner l’intérêt de la programmation orientée objet (approche objet) pour permettre au prévisionniste de formaliser son expertise. Il s’agit de décrire un élément météorolo-



Carte Presyg du 17.09.02 à échéance 24 heures. (Document Météo-France)

gique, par exemple une zone de vents forts ou une zone de brouillard, par son contour, par un certain nombre d'attributs (la vitesse maximale du vent ou la visibilité) et par les transformations qu'il subit, comme son déplacement ou l'évolution de son activité.

Un développement en cours à Météo-France dans le cadre du projet Prévision immédiate proposera au prévisionniste

une formalisation de l'observation des phénomènes significatifs (orages, fortes précipitations, brouillard, neige, verglas...) sous forme d'objets accompagnés d'attributs relatifs à leur évolution.

Les prévisionnistes de Météo-France sont déjà familiarisés avec cette approche objet, puisqu'ils réalisent désormais les nouveaux documents Anasyg-Presyg (Santurette et Joly,

La salle de prévision du Centre national de prévision de Météo-France, à Toulouse. (Photo Météo-France, P. Taburet)



2002) qui formalisent leur expertise en spécifiant clairement les éléments cruciaux de la dynamique d'altitude ainsi que les systèmes perturbés de surface et leur activité.

L'observation, une référence pour la prévision

L'un des enjeux de ces différentes actions est bien d'offrir aux prévisionnistes une analyse du temps qu'il fait, avec la meilleure continuité possible, tant au niveau spatial que temporel, et sous la forme la plus facilement utilisable. Cette connaissance du temps qu'il fait est et demeurera indispensable aux prévisionnistes. Elle justifie pleinement les efforts accomplis dans le domaine de l'observation, y compris pour acquérir des données qui ne sont pas, aujourd'hui, assimilables pour les modèles. Par exemple, on peut citer les images satellitaires dans le canal vapeur d'eau, présentées plus haut, qui apportent une information essentielle sur la dynamique d'altitude. À Météo-France, des travaux en cours visent à améliorer la prévision finale en donnant au prévisionniste la possibilité d'ajuster, grâce à ces observations, l'état initial sur des zones de sensibilité maximale et, éventuellement, de relancer la simulation numérique, pour obtenir une nouvelle prévision.

Et même dans l'hypothèse où, demain, toutes les données d'observation seraient prises en compte de manière complète par les modèles, l'observation continuera à représenter la référence que le prévisionniste devra toujours confronter à la prévision.

Bibliographie

- Gaumet J.-L., 2002 : L'observation in situ en altitude ; les activités opérationnelles de Météo-France. *La Météorologie* 8^e série, numéro 39.
- Georgiev C. G. et F. Martin, 2001 : Use of potential vorticity fields, Meteosat water vapour imagery and pseudo water vapour images for evaluating numerical model behaviour. *Meteor. Appl.*, 8, 67-69.
- Gérard F., 2000 : Risque météorologique, risque prévisible. *Lettre de l'Institut européen de cinématiques*, 31.
- Leroy M. et F. Zanghi : L'offre actuelle en capteurs de temps présent. *La Météorologie* 8^e série, numéro 39.
- Pailleux J., 2002 : Les besoins en observations pour la prévision numérique du temps. *La Météorologie* 8^e série, numéro 39.
- Rolland J. et P. Blouch. 2002 : Les bouées météorologiques ; l'exemple de Météo-France. *La Météorologie* 8^e série, numéro 39.
- Santurette P. et A. Joly, 2002 : Météo-France's new graphical summary of the synoptic situation. *Meteor. Appl.*, 9, 129-154.