

Prévision

Les orages violents, les pluies torrentielles ou les bancs de brouillard font l'objet d'une attention particulière de la part des services de Météo-France. En raison de leurs petites dimensions et de leurs faibles durées de vie, ces phénomènes, qui présentent régulièrement une gêne pour les activités humaines et peuvent avoir des conséquences dramatiques, sont particulièrement difficiles à prévoir.

Des progrès tout à fait notables ont été obtenus en 2008 sur la qualité des prévisions opérationnelles, et plus particulièrement pour la prévision à très courte échéance des phénomènes dangereux, grâce à une amélioration des modèles de grande et moyenne échelles Arpège et Aladin, et à la mise en œuvre opérationnelle d'un modèle à maille très fine, Arome, capable de simuler les phénomènes météorologiques jusqu'à une échelle de quelques kilomètres. Les prévisionnistes disposent ainsi maintenant de données beaucoup plus détaillées pour exercer leur expertise.

Parmi les autres domaines de progrès, on peut citer la prévision immédiate du risque d'orage ou de cyclone et le développement d'applications pour les secteurs de l'énergie et de l'hydrologie. Des prévisions jusqu'à neuf jours d'échéance sont désormais fournies de manière routinière. 2008 a également été une année de définition des grandes orientations en matière de prévision météorologique, avec pour objectif principal de faire encore progresser la qualité.

Outre la prévision du temps, une des missions importantes de Météo-France, l'établissement est aussi en charge d'observer et de prévoir le comportement du manteau neigeux et de l'océan superficiel. Ces fonctions sont exercées aussi bien au bénéfice du grand public, que des pouvoirs publics ou des entreprises dont l'activité est sensible aux conditions météorologiques. Elles comportent une importante dimension de sécurité dès que les phénomènes météorologiques attendus menacent les personnes et les biens.

Arome : un modèle de prévision à maille très fine

Pour assurer la prévision du temps sensible jusqu'à des échéances de trois ou quatre jours, Météo-France a développé un système de prévision performant, fondé sur plusieurs niveaux de simulation. Dans le cadre de l'amélioration continue du système de prévision numérique, les modèles global Arpège et moyenne échelle Aladin ont connu quelques transformations. Une nouvelle version du modèle Arpège a été mise en service. Sa résolution horizontale sur l'Europe est passée de 23 km à 15 km, son échelle verticale qui comportait quarante-six niveaux en compte soixante.

À partir du mois de décembre 2008, après une longue phase de développement et de tests de validation, les résultats du modèle à

maille très fine Arome ont été mis à disposition des prévisionnistes. Les premiers bilans sont extrêmement positifs. À grande échelle, dans la plupart des cas, le modèle permet d'apporter des précisions sur l'intensité et la localisation des perturbations. Lorsque les conditions locales prédominent, son apport est encore plus sensible, en particulier pour prévoir la température ou la formation, la localisation et la dissipation des nuages bas ou des brouillards.

L'apport du modèle Arome est souvent déterminant pour la prévision fine des orages, phénomènes qui, malgré une petite dimension et une prévisibilité ne dépassant pas dix à douze heures, peuvent être source de dégâts importants.

Les améliorations de la chaîne de prévision numérique

De nombreuses observations supplémentaires sont maintenant prises en compte pour la validation et le recalage des modèles de prévision numériques : radiances issues des systèmes satellitaires (Seviri, SSMI, AIRS ou HIRS), mesures des radio-occultations GPS ainsi que les vents mesurés par le diffusiomètre Ascát et les données du sondeur hyperfréquence Iasi (Interféromètre atmosphérique de sondage par l'infrarouge) : deux systèmes embarqués sur le satellite météorologique européen *MetOp*.

Une correction des erreurs d'observation des radiances mesurées à partir de satellites a été intégrée dans l'analyse des données

d'observation. Des améliorations du calcul de l'émissivité des sols dans le domaine des micro-ondes et de la traînée orographique ont été introduites. Enfin, pour la première fois dans un modèle opérationnel, un ensemble de plusieurs cycles d'assimilation est utilisé pour permettre la prise en compte des erreurs des modèles en fonction du type de situation météorologique.

Ces modifications ont permis en particulier d'améliorer les prévisions à plus de deux jours d'échéance et la représentation détaillée des phénomènes météorologiques prévus. **1**

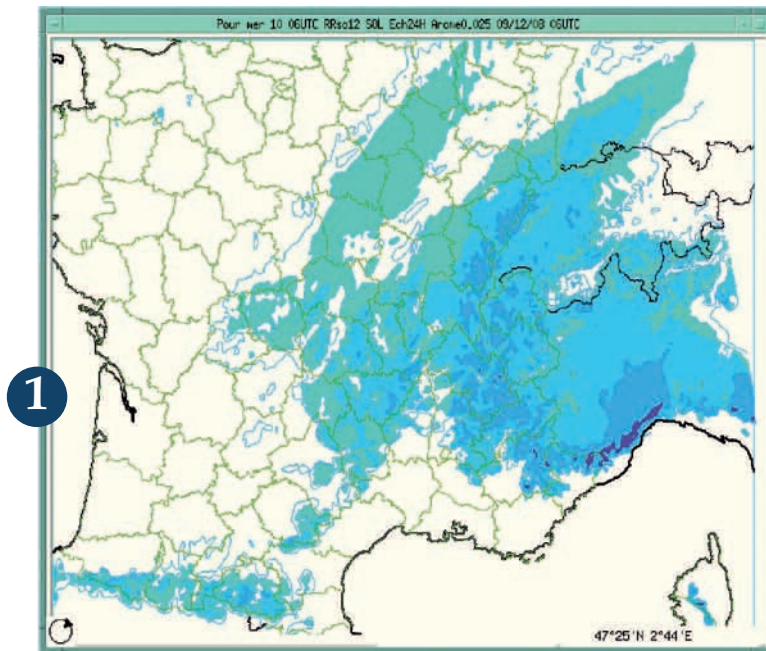
Suivi et prévision du risque d'orage

La nature erratique des orages rend la prévision de leur localisation difficile. Le suivi et la prévision immédiate du risque d'orage nécessite une combinaison de traitements automatiques à haute cadence et d'expertises du prévisionniste.

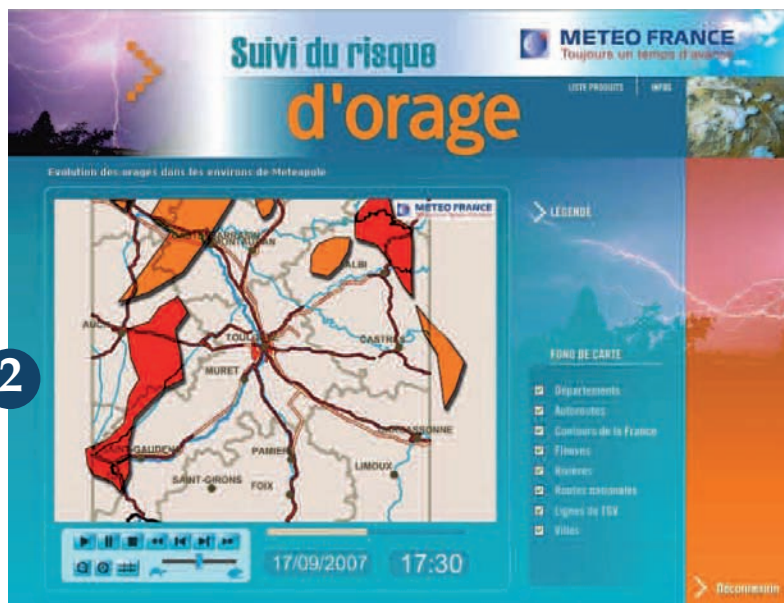
Les orages sont d'abord identifiés et suivis automatiquement à partir des données fournies toutes les cinq minutes par les radars météorologiques du réseau national. Un rapprochement est ensuite effectué avec les observations de rafales, de pluies et de foudre fournies par les stations du réseau météorologique, les produits satellitaires et le réseau Météorage. L'estimation automatique de la vitesse de leur déplacement permet, par extrapolation, de prévoir leur localisation dans l'heure suivante avec une précision raisonnable.

Le prévisionniste apporte une expertise, en particulier dans le cas des systèmes orageux organisés dont la prévisibilité par extrapolation est supérieure à une heure. Cette tâche nécessite la construction d'outils ergonomiques permettant une forte réactivité.

En 2008, une première version du service de suivi a été commercialisée et un produit destiné à la sécurité aéronautique a été testé en vraie grandeur dans le cadre du projet européen pour l'aéronautique Flysafe. Ces deux produits, fondés sur les seuls traitements automatiques, s'adaptent exactement à la zone d'intérêt de l'utilisateur. Ces travaux seront poursuivis pour améliorer la qualité des traitements effectués et pour prendre en compte de manière opérationnelle l'expertise des prévisionnistes. **2**



◀ Prévisions de chutes de neige à échéance de 24 h, réalisées à partir du modèle Arôme, pour le 12 décembre 2008 à 7 h légales.



◀ Le service de suivi du risque d'orage combine des prévisions à vingt-quatre heures d'échéance, des informations sur la vigilance météorologique, des bulletins d'avertissement aux formats courriel et SMS et un suivi graphique pour Internet et téléphones mobiles. Le produit propose des fonctions d'animation, de zoom et d'affichage des caractéristiques de l'alerte.

Prévisions spécialisées pour la production d'électricité d'origine hydraulique

La capacité de stockage en eau des barrages est limitée, et le besoin en énergie électrique comme le prix du MWh varie fortement en fonction de la période et des conditions météorologiques. La Compagnie nationale du Rhône (CNR), qui en France fournit environ 25 % de l'électricité d'origine hydraulique et doit prendre chaque jour des engagements globaux de production, cherche à prévoir avec précision la quantité totale d'eau qu'elle pourra turbiner. Pour répondre à ces besoins, Météo-France réalise des prévisions fondées sur une spatialisation des lames d'eau découpant l'ensemble du bassin versant français du Rhône en quarante-six sous-bassins.

Une prévision expertisée est réalisée chaque jour à onze heures à partir des données du modèle Arpège. Les lames d'eau sont calculées, sur l'ensemble des sous-bassins, par pas de six heures jusqu'à l'échéance du surlendemain. Les valeurs sont ensuite corrigées par le prévisionniste pour compenser les incertitudes rencontrées en zones de relief marqué et en présence de précipitations fortement convectives. Le bulletin transmis est accompagné de commentaires sur la fiabilité de la prévision et sur la fonte nivale. La lame d'eau réellement observée est ensuite diffusée cinq fois par jour, associée à un indicateur de qualité. 3

La prévision du risque d'avalanche

La prévision du risque d'avalanche est l'une des missions opérationnelles de Météo-France.

La première étape consiste à déterminer à l'échelle d'un massif la structure verticale du manteau neigeux à l'aide des informations disponibles : observations biquotidiennes, résultats de simulations numériques, mesures de stations automatiques, observations ponctuelles, expertise des nivologues, etc. Le risque pour chaque type d'avalanche est ensuite déterminé en fonction de l'altitude, de l'orientation, de l'heure, de l'inclinaison de la pente et de la nature du terrain. Les avalanches les plus dangereuses sont en général les avalanches de neige récente poudreuse. En première approche, plus la couche de neige fraîche est épaisse, plus la probabi-

lité ou le nombre d'avalanches augmente. La précision des prévisions de quantité et d'intensité des précipitations, de force et de direction du vent, de variations de la température, est déterminante pour la qualité de l'estimation du risque.

Les avalanches de plaque sont plus dangereuses pour les pratiquants de la montagne hivernale. Le risque dépend alors principalement des caractéristiques du manteau neigeux. Des outils permettent de détecter la formation des profils de plaques, de qualifier leur instabilité, de les localiser et de positionner le risque.

Dans les bulletins, l'indice de risque est accompagné de commentaires destinés à aider le lecteur, randonneur ou gestionnaire de sécurité, dans sa prise de décision sur le terrain. 4

Prévision des cyclones sur l'océan Indien

Centre météorologique régional spécialisé (CMRS) « Cyclones Tropicaux » pour le sud-ouest de l'océan Indien, Météo-France assure depuis l'île de la Réunion le suivi de tous les systèmes dépressionnaires tropicaux qui se développent sur sa zone de responsabilité. Cette mission opérationnelle s'exerce via l'élaboration et la diffusion de bulletins expertisés, au profit des usagers et des Services météorologiques nationaux des pays de la zone.

Les prévisions sont réalisées à l'aide du modèle Aladin-Réunion : une version adaptée du modèle à aire limitée et à haute résolution Aladin, spécifiquement conçue pour le suivi cyclonique sur le sud-ouest de l'océan Indien. Les prévisionnistes disposent aussi des résultats d'autres modèles numériques et d'un outil fonctionnel pour traiter et visualiser les données : le module Cyclone de Synergie. Les méthodes les plus récentes, telles que le « consensus » entre plusieurs modèles, peuvent ainsi être appliquées.

Après chaque saison cyclonique, la qualité des prévisions diffusées est vérifiée pour disposer d'indicateurs sur le degré de confiance que l'on peut accorder aux prévisions : un élément d'appréciation important pour les décideurs en charge de la protection des populations face au risque cyclonique.

Grâce aux progrès des modèles et à une optimisation de leur utilisation, les prévisions ont enregistré un gain spectaculaire, celles à soixante-douze heures d'échéance étant désormais meilleures que celles à quarante-huit heures d'échéance effectuées il y a deux ans. 5

Réorganisation des services de prévision en Antilles-Guyane

En 2008, les services météorologiques de Guadeloupe, Martinique et Guyane ont été réorganisés pour harmoniser leurs activités sur l'ensemble de la région, consolider les capacités de prévision de proximité et renforcer les fonctions de support, comme la communication, l'infographie ou l'informatique. La nouvelle structure s'articule autour d'un Centre de prévision synoptique et trois Centres de prévision de proximité : un dans chaque département. Le Centre de prévision synoptique analyse et prévoit les structures météorologiques de grande échelle sur l'Atlantique nord tropical. Il assure le cadrage de la prévision jusqu'à cinq jours d'échéance à l'aide de cartes et de téléconférences. En affinant leur production, les Centres de prévision de proximité se concentrent sur les adaptations locales et la gestion de crise à l'échelle départementale.

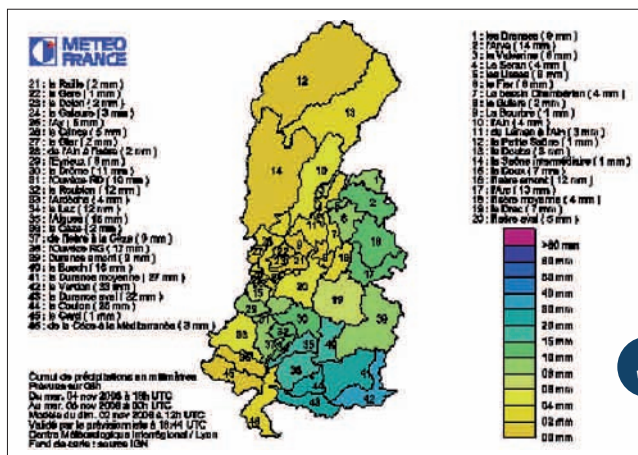
Cette organisation bénéficie de la mise en œuvre de Météofactory, le nouveau système de production pour l'outre-mer développée par Météo France International (MFI).

Des prévisions à neuf jours d'échéance

Météo-France a étendu ses échéances de prévision au-delà d'une semaine, grâce à la technique de prévision d'ensemble : une technique qui consiste à effectuer non pas une seule mais un ensemble de prévisions démarrant chacune à partir d'un état initial légèrement différent. La prévision d'ensemble fournit aussi des informations sur le degré d'incertitude de la prévision et sur la confiance qu'on peut lui accorder.

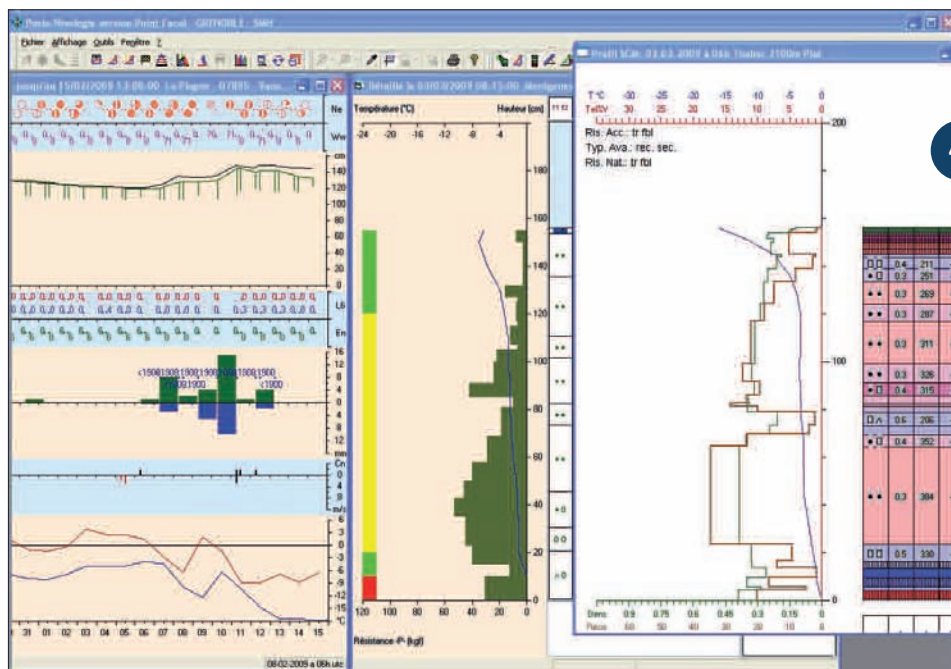
Les différentes prévisions d'ensemble disponibles jusqu'à neuf jours d'échéance sont comparées pour produire chaque jour des cartes présentant de manière synthétique l'information à l'échelle nationale. De sept à neuf jours d'échéance, un signal de prévision est souvent exploitable pour l'occurrence de pluie, la tendance de température et la prévision du risque de vent fort sur le domaine océanique. En revanche, ces méthodes fournissent peu d'informations sur les directions de vent et la nébulosité au-delà de sept jours d'échéance.

Les prévisions à échéance de neuf jours sont aujourd'hui exploitées par des utilisateurs sachant évaluer le risque pris en fonction des conditions météorologiques.



3

◀ lame d'eau prévue sur les bassins versants du Rhône, à partir des simulations du modèle Arpège, pour le 4 novembre 2008 entre 18 h et 24 h UTC.



▲ Le poste de travail des nivologues.

Outil de prévisionniste pour la surveillance des cyclones. Les prévisions de trajectoires cycloniques fournies par plusieurs modèles numériques plus de trente-six heures auparavant sont superposées à l'image composite colorée acquise par le satellite européen MetOp, le 17 février 2008 à 06 h 25 TU, au moment où l'œil du cyclone Ivan frappait la côte est de Madagascar.

