

Les petits-déjeuners de Météo-France

16 avril 2015

Météo-France déploie de nouveaux systèmes de prévision numérique du temps

Contacts presse Météo-France

Anne Orliac 01 77 94 71 36

Marguerite Colomb 01 77 94 71 32

presse@meteo.fr

 @meteofrance

 **METEO FRANCE**

le sommaire

De nouveaux systèmes de prévision	5
Les systèmes de prévision de Météo-France.....	6
Recueillir les observations	6
Assimiler les données	6
Simuler le comportement de l'atmosphère à l'aide d'un modèle de prévision	7
L'analyse des simulations par les prévisionnistes	7
Les modèles de Météo-France	8
Pour tenir compte des incertitudes : la méthode des ensembles	9
Nouvelles versions de systèmes de prévision : qu'est ce qui change ?	10
1- Les résolutions horizontales et verticales des modèles	10
2- Le nombre d'observations utilisées	11
3- Les méthodes d'assimilation des données	11
4- La représentation de phénomènes physiques à l'intérieur des modèles	12
Nouvelles versions de systèmes de prévision : qu'en attendre ?	14
Des prévisions plus fines, notamment des phénomènes météorologiques dangereux.....	14
Une meilleure anticipation des situations à risque	16
Des progrès également pour les prévisions dérivées	17
D'autres innovations à venir	18
Un nouveau système de prévision pour les très courtes échéances	18
Un système de prévision Arome	18
Cinq versions spécifiques d'Arome sur l'outremer	19
Et à l'horizon 2020 et au-delà ?	19
Des innovations portées par une recherche de haut niveau	20

De nouveaux systèmes de prévision

L'amélioration constante de ses systèmes de prévision du temps, préalable à de meilleures anticipations et localisations des phénomènes météorologiques, est une priorité pour Météo-France. Les enjeux sont multiples : de sécurité lorsqu'il s'agit d'alerter les pouvoirs publics et la population de l'arrivée d'un phénomène à risques ou de prévoir les conditions météorologiques sur les aéroports ou les trajectoires de vol des avions, économiques lorsqu'une entreprise a besoin d'une prévision très fine pour organiser son activité.

Depuis la mi-avril 2015 et après plusieurs mois de tests, Météo-France a déployé de nouvelles versions de ses systèmes de prévision numérique du temps, Arôme et Arpege. Elles bénéficient d'innovations développées par le centre de recherches de Météo-France.

La résolution spatiale des modèles a ainsi été affinée, tout en limitant le surcoût de cette évolution en termes de puissance de calcul. Le nombre d'observations intégrées augmente, et les méthodes d'assimilation en assurent une meilleure prise en compte, entre autres grâce à une meilleure localisation des zones d'incertitudes. Enfin, les représentations dans les modèles de certains aspects du système sol/atmosphère ont été rendues plus réalistes.

Ces évolutions auront des impacts significatifs sur la qualité des prévisions sur lesquelles Météo-France concentre son attention : les prévisions aux courtes échéances et celles des phénomènes météorologiques dangereux.

Le déploiement des nouveaux systèmes de prévision est une étape majeure dans la réalisation du contrat d'objectifs et de performance que Météo-France a signé avec l'Etat pour la période 2012-2016. Il a été rendu possible par le renouvellement du système de calcul intensif de l'établissement en 2014, qui a permis de multiplier par 12 la puissance de calcul disponible.

Les systèmes de prévision de Météo-France

Météo-France figure parmi les rares centres au monde à être capable de collecter et de traiter des observations venues du monde entier H24 et 7 jours sur 7. Cet effort lui permet de disposer en continu d'une connaissance réaliste du « temps qu'il fait », clé pour des prévisions fines et précises.

Par « système de prévision », on désigne la combinaison du système d'assimilation et du modèle de prévision.

Environ 22 millions de données d'observations sont utilisées chaque jour par les modèles à l'issue de l'étape d'assimilation.

Une prévision météorologique est élaborée en quatre étapes fondamentales : l'observation, l'assimilation des données observées pour obtenir une représentation du temps qu'il fait, la simulation de l'évolution de l'atmosphère au moyen de modèles numériques et l'analyse des résultats par les prévisionnistes. Météo-France est l'unique organisme français dont les activités couvrent l'ensemble de la chaîne de prévision.

Recueillir les observations

Pour prévoir le temps qu'il fera demain, il faut déjà connaître le temps qu'il fait aujourd'hui. L'observation constitue ainsi la première étape d'une prévision. Plus on veut aller loin dans le temps, plus la zone sur laquelle il faut caractériser le temps qu'il fait doit être étendue.

90 % des données d'observation utilisées par les modèles de prévision de Météo-France proviennent des satellites météorologiques. Les 10 % restants sont fournis par des stations au sol, des radiosondages, des radars, des capteurs embarqués sur des avions de ligne et des navires de commerce ou installés sur des bouées ancrées et dérivantes. Météo-France est en charge des observations sur les territoires français et reçoit des autres services météorologiques, des mesures recueillies sur l'ensemble du globe.

Assimiler les données

Les données d'observation ne sont pas utilisables telles quelles par les modèles, qui ont besoin d'une cartographie cohérente de l'atmosphère à l'instant initial, c'est-à-dire les valeurs des paramètres météorologiques clés (température, pression, vent, humidité) en tout point d'une grille en 3D représentant l'atmosphère.

Or, en dépit de leur nombre croissant, les mesures ne couvrent pas toute l'atmosphère en continu : les observations ne sont homogènes ni dans l'espace, ni dans le temps. Par ailleurs, si elles sont parfois directes, comme celles qui sont relevées par un thermomètre, les mesures sont de plus en plus souvent indirectes. Les instruments embarqués sur satellite mesurent par exemple le rayonnement émis par l'atmosphère et la surface de la Terre, et non des valeurs de température ou d'humidité.

Pour transformer toutes ces données disparates en une description cohérente de l'état initial utilisable par le modèle, sans «trous», une première étape de traitement, appelé assimilation de données, est donc nécessaire.

L'assimilation de données consiste à combiner une prévision récente, qui donne une première ébauche du temps qu'il fait, avec toutes les observations du même moment. Outre qu'elle est sans trous, l'ébauche porte l'histoire antérieure de l'atmosphère, adossée aux observations passées. Lors de la combinaison, les poids relatifs entre mesures et ébauche dépendent des incertitudes qui pèsent sur l'une et sur l'autre. A l'arrivée, l'assimilation fournit un nouvel état de l'atmosphère plus proche des observations que la première ébauche, propre à une nouvelle prévision.

Simuler le comportement de l'atmosphère à l'aide d'un modèle de prévision

Pour effectuer les milliards de calculs nécessaires à la résolution des équations mathématiques traduisant ces lois physiques, Météo-France utilise des supercalculateurs. Depuis 2014, la puissance de calcul disponible est de 1 Pétaflops, soit 1 million de milliards d'opérations par seconde.

A partir des états initiaux produits par l'assimilation, les modèles calculent l'évolution des paramètres météorologiques sur la grille en 3D qui représente l'atmosphère, en s'appuyant sur les lois physiques qui régissent son comportement : les lois de la mécanique des fluides, complétées par les lois des changements d'état de l'eau (condensation, évaporation, formation des précipitations), de turbulence, de rayonnement ou encore les lois décrivant les nombreuses interactions avec la surface terrestre et même l'espace.

L'analyse des simulations par les prévisionnistes

Les résultats des simulations effectuées par les modèles ne sont pas encore des prévisions météorologiques, il s'agit de scénarios d'évolution des principaux paramètres météorologiques en tout point de la grille qui représente l'atmosphère.

L'expertise des prévisionnistes est indispensable pour analyser ces résultats complexes et les traduire en informations concrètes. Ils choisissent parmi les différents scénarios celui qui apparaît comme le plus probable et le déclinent en cartes et bulletins de prévision adaptés aux utilisateurs. Les prévisionnistes caractérisent aussi les risques de phénomènes dangereux et prennent les décisions relatives à la vigilance. De plus, ils assurent un contact direct avec certaines catégories d'utilisateurs, comme les services en charge de la sécurité civile en France.

Dans le monde, les grands services météorologiques nationaux comme Météo-France comparent en permanence les qualités des prévisions issues de leurs modèles globaux de prévision numérique du temps. Météo-France figure toujours aux tout premiers rangs mondiaux.

Quels phénomènes météo peut on prévoir ...

... quelques heures à l'avance	Des orages, des lignes de grains, des rafales, des averses, des brouillards... (taille caractéristique des phénomènes : environ 20km) à l'échelle d'une commune.
... 1 à 5 jours à l'avance	L'arrivée d'une tempête (taille caractéristique du phénomène : environ 2000 km) à l'échelle d'un département (1 jour à l'avance) ou d'une région (5 jours à l'avance).

Mais aussi

... 5 à 10 jours d'avance	Un type de circulation atmosphérique, des indications sur le type de temps, une tendance pour la température (taille caractéristique des phénomènes : environ 7000 km) à l'échelle de la France.
... 3 semaines à l'avance	Une indication sur les conditions moyennes (température, précipitations) à l'échelle de la France. <i>Par exemple : température moyenne probablement supérieure de 2°C à la normale à l'échelle de la France.</i>
... 3 mois à l'avance	Éventuellement, un signal qualitatif sur les conditions moyennes (température, précipitations), à l'échelle d'une zone comme l'Europe de l'Ouest. <i>Par exemple : en Europe de l'Ouest, les températures devraient être supérieures aux normales de saison pour le trimestre à venir.</i>

Les modèles de Météo-France

Météo-France a développé et utilise au quotidien trois modèles complémentaires **pour ses prévisions à courte échéance** :

- le modèle mondial **Arpege**, qui couvre l'ensemble du globe, avec une résolution plus fine sur la métropole. Il est utilisé pour prévoir les évolutions des phénomènes de grande échelle (dépressions, anticyclones) et pour la prévision jusqu'à 3-4 jours d'échéance sur la métropole, l'outremer, les domaines maritimes et les zones d'intérêt pour la France. Il est utilisé sous forme déterministe, mais aussi sous la forme probabiliste (Prévision d'ensemble Arpege ou PEARP).

- Le modèle régional **Arome** couvre la France métropolitaine et les pays voisins avec une maille voisine du kilomètre. Alimenté via ses bords latéraux par les simulations d'Arpege, Arome produit des prévisions très détaillées, jusqu'à 36 heures en moyenne que les prévisionnistes utilisent pour affiner leurs prévisions à petite échelle, notamment en termes d'anticipation et de localisation des phénomènes météorologiques potentiellement dangereux, comme les orages. Ces prévisions fournissent des informations locales, (distinguant par exemple la ville de la campagne environnante) et précises de température, d'humidité, d'état du ciel, répondant aux besoins des citoyens dans leur vie quotidienne.

- Le modèle régional **Aladin**, qui peut être vu comme un zoom d'Arpege sur une zone de la Terre éloignée de la métropole. Il est utilisé pour affiner les prévisions sur les Antilles, la Guyane, la Polynésie française et la Nouvelle Calédonie, pour la prévision cyclonique dans l'océan Indien et pour les prévisions sur les théâtres d'opérations extérieurs, sur demande des autorités militaires. Dans les années qui viennent, Aladin est appelé à être remplacé progressivement par Arome.

Météo-France est l'un des seuls services météorologiques européens, avec le Met Office anglais et le DWD allemand, à utiliser un modèle à maille très fine (Arome) développé par leurs soins, parfois en collaboration et rafraîchi plusieurs fois par jour, pour affiner les prévisions à courte échéance (36 heures).

Pour ses prévisions au-delà de 3-4 jours, Météo-France contribue à développer et exploite le modèle global du Centre européen de prévision météorologique à moyen terme (CEPMMT), basé à Reading. Il comporte des éléments communs avec Arpege. Il est utilisé pour les prévisions jusqu'à 10-15 jours, en particulier sous la forme probabiliste. Deux fois par semaine, ces prévisions sont étendues au mois à venir.

Météo-France développe ses propres modèles en coopération étroite avec le CEPMMT et différents services météorologiques européens et d'Afrique du Nord. Il les améliore en continu par des ajustements fins au fil de l'eau et par des innovations majeures régulières, fruits de recherches fondamentales menées au sein de l'établissement (voir p. 19). Des versions de ces différents modèles, Arpege, Arome et Aladin, sont aussi utilisées pour la composante météorologique des prévisions saisonnières ou des projections climatiques.

Pour tenir compte des incertitudes : la méthode des ensembles

Chaque étape de la prévision du temps comporte des incertitudes qui peuvent peser sur la qualité de la prévision finale. Les observations sont hétérogènes dans l'espace et dans le temps, les modèles ne sont que des représentations forcément imparfaites du comportement de l'atmosphère et l'atmosphère elle-même a un comportement chaotique : deux états initiaux très proches peuvent conduire à des situations très différentes au bout de quelques jours, voire quelques heures.

Les innovations dans le domaine de la mesure et les recherches sur les processus atmosphériques permettent de réduire petit à petit les deux premières sources d'incertitude. Mais la troisième est une réalité physique qui nous échappe, une propriété de l'atmosphère. Aussi, au lieu de s'en tenir à une approche déterministe qui produit un unique scénario d'évolution pour chaque cartographie du temps qu'il fait, est-il préférable de se tourner vers la prévision dite probabiliste, qui produit les différentes évolutions possibles dans le contexte du moment, affectées de leur probabilité. Pour cela, on construit des échantillons de prévisions, appelés «ensembles». Toute la difficulté est de les rendre représentatifs, c'est-à-dire d'explorer toutes les possibilités significatives, avec un petit nombre de prévisions.

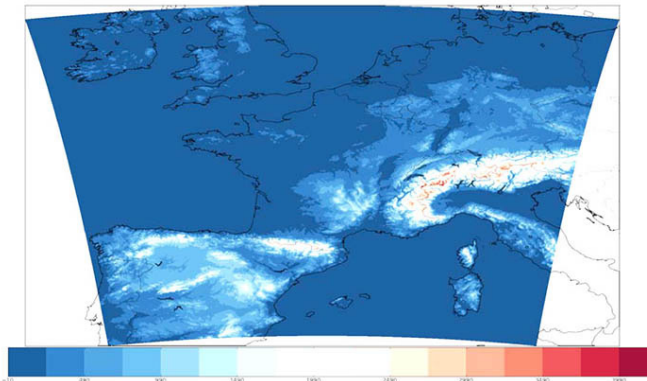
L'assimilation de données par exemple combine les approches déterministes et probabilistes, afin d'éliminer les observations trop fausses ou redondantes, et d'affecter à chaque source d'information un poids selon les incertitudes qui pèsent sur elles.

Les prévisions probabilistes, ou prévisions d'ensemble, ont permis et permettront encore à l'avenir des progrès importants de la prévision. Elles sont utilisées dans le domaine de la sécurité, car elles évitent toute «surprise» en offrant aux prévisionnistes une vision claire du champ des évolutions possibles. Les prévisions d'ensemble sont également très utiles aux secteurs météo-sensibles (production d'énergie, d'eau, agriculture, assurances etc.) qui savent orienter leurs activités en fonction des probabilités d'occurrence de chaque scénario d'évolution.

Nouvelles versions des systèmes de prévision : ce qui change ?

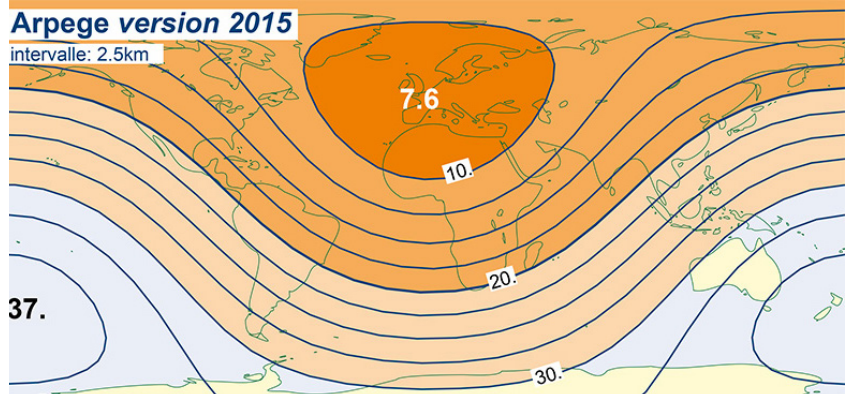
1- Les résolutions horizontales et verticales des modèles

Arôme voit sa résolution horizontale doubler sur la France (maille de 1,3 km au lieu de 2,5 km) et compte plus d'une fois et demi plus de niveaux verticaux que la précédente version (90 au lieu de 60). Le domaine de calcul est légèrement étendu vers le nord (+10% environ) pour couvrir le domaine aéronautique FABEC.

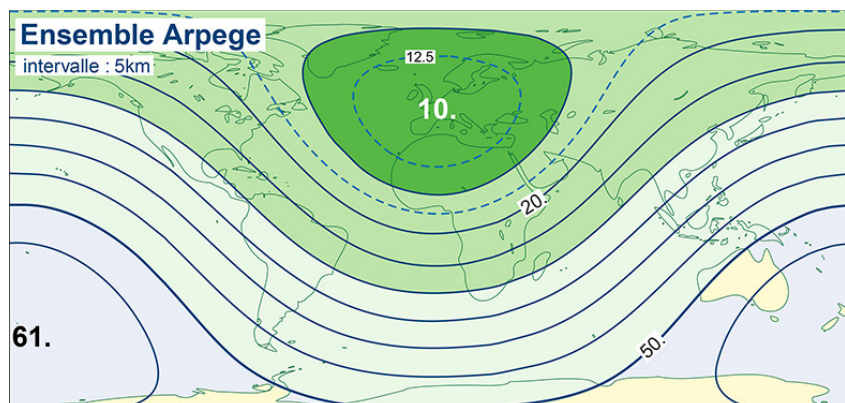


Domaine de calcul de la nouvelle version d'Arôme sur la métropole

La résolution horizontale d'Arpege passe, de façon plus modeste, de 10 km à 7,5 km sur l'Europe (de 15 km à 10 km pour la prévision d'ensemble) mais de 60 km à 36 km aux antipodes (de 90 km à 60 km pour la prévision d'ensemble). Le modèle découpe à présent l'atmosphère en 105 niveaux verticaux au lieu de 70 dans la version précédente.



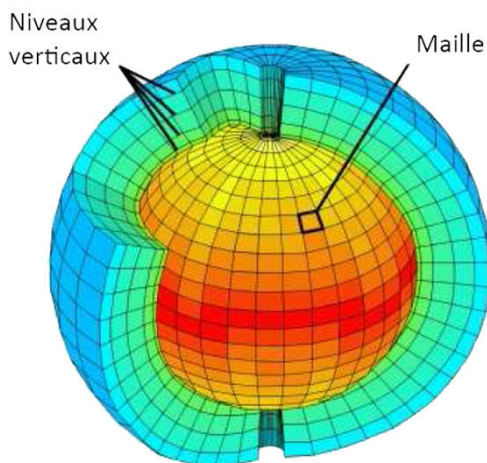
Nouvelle résolution horizontale (en km) du modèle Arpege en version « déterministe »



Nouvelle résolution horizontale (en km) du modèle Arpege ensemble

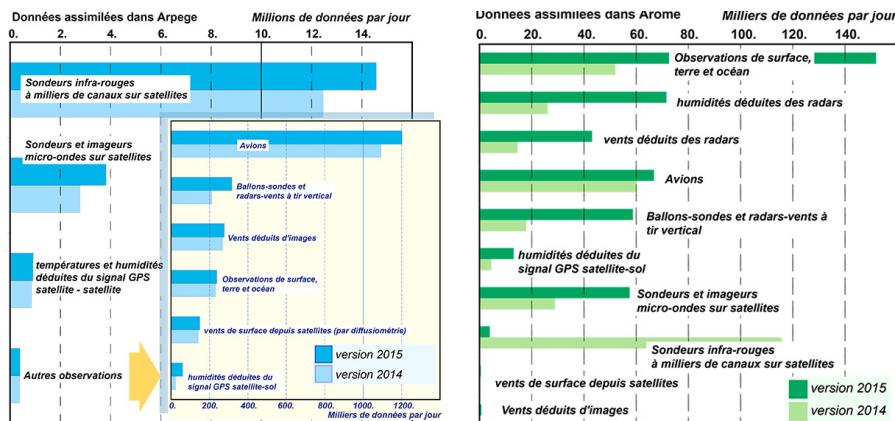
Les plus bas niveaux, situés de très longue date vers 17 m dans tous les modèles, sont amenés respectivement à 5 m (Arome), 10 m (Arpege déterministe), 14 m (Arpege ensemble).

Pour décrire l'état de l'atmosphère et en simuler l'évolution, les modèles numériques de prévision du temps et du climat découpent l'espace et le temps en intervalles élémentaires pour calculer les variations des paramètres météorologiques (température, pression, vent, humidité). La résolution horizontale est définie par la longueur de maille de la grille du modèle, et la résolution verticale, par le nombre de niveaux verticaux du modèle. La résolution spatiale impose de respecter une résolution temporelle pour que les calculs restent faisables.



2- Le nombre d'observations utilisées

Le nombre d'observations pour estimer « le temps qu'il fait » en début de prévision est augmenté de façon significative, notamment grâce à l'intégration de données issues de nouveaux instruments, comme le sondeur d'humidité SAPHIR embarqué sur le satellite Megha-Tropiques, ainsi que de nouveaux canaux dans des instruments déjà utilisés.



3- Les méthodes d'assimilation des données

Les algorithmes d'assimilation ont été revus en profondeur pour tenir compte de cet apport de nouvelles données et en amplifier les bénéfiques, ainsi que pour mieux prendre en compte l'information pertinente.

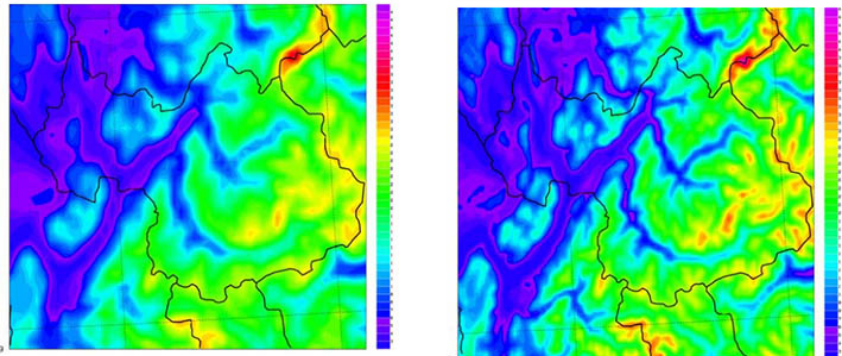
La description des incertitudes dans le système Arpege a notamment été considérablement améliorée en utilisant non plus 6 mais 25 scénarios de prévisions à courte échéance pour l'ensemble d'assimilation (voir p 9). Ces estimations d'incertitudes sont importantes pour sélectionner et affecter un poids à chaque source de données, observation ou valeur d'une ébauche. Elles jouent ainsi un rôle déterminant dans la qualité de l'état initial des prévisions.

Arome s'appuie désormais sur un cycle d'assimilation beaucoup plus dense et continu, basé sur 24 analyses quotidiennes au lieu de 8. Ceci permet d'utiliser trois fois plus de données récurrentes, comme les données des radars. La densité spatiale d'autres observations, comme celles fournies par les satellites, est par ailleurs accrue.

4- La représentation de phénomènes physiques à l'intérieur des modèles

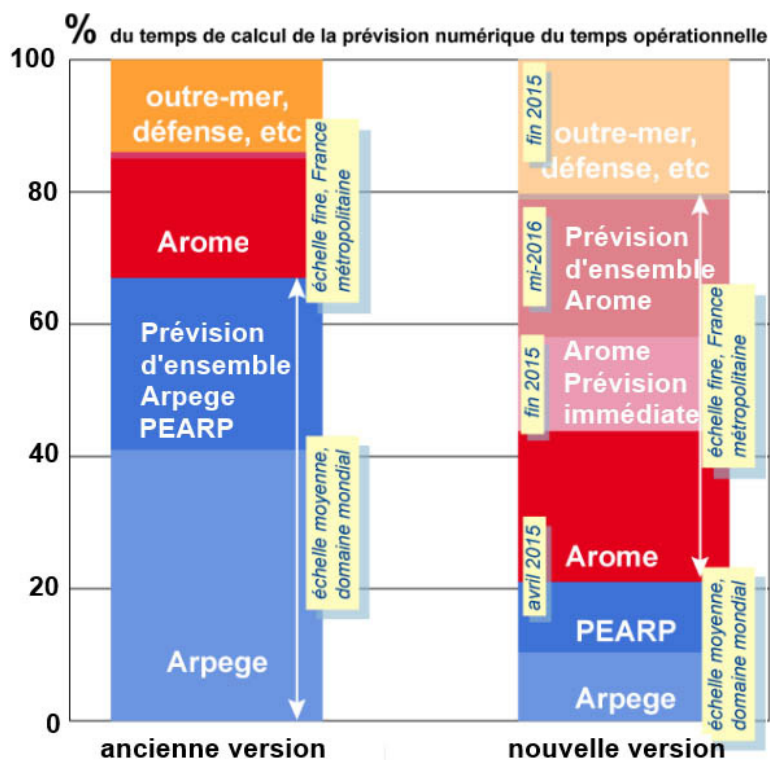
La nouvelle version d'Arome bénéficie d'une base de données orographiques plus récente et plus fine, qui contribue à une représentation plus réaliste des zones de relief. Le processus de conversion de cristaux en neige dans les nuages bas d'hiver a par ailleurs été modifié dans ce modèle, permettant de représenter les nuages gris et bas de façon plus réaliste.

La nouvelle version d'Arpege déterministe calcule plus souvent les interactions rayonnement-atmosphère-nuages, ce qui donne des cycles diurnes plus réalistes et réduit les biais de la simulation en altitude. La nouvelle version de l'ensemble Arpege bénéficie d'une représentation des cumulonimbus et des précipitations associées améliorée.



Relief du modèle AROME-France à 2,5km (gauche) et 1,3km (droite) sur la Savoie

Le déploiement des nouvelles versions d’Arome et d’Arpege implique une nouvelle répartition du temps de calcul, plus conforme aux orientations fondamentales de Météo-France : la majorité du temps de calcul est à présent allouée aux prévisions à courte échéance et à échelle fine sur le territoire français.



Toutes choses restant égales par ailleurs, le simple doublement de la résolution horizontale d’Arome nécessiterait de disposer d’une puissance de calcul 8 fois plus importante. Grâce à un ajustement fin du cœur numérique du modèle, fruit de recherches sur les méthodes numériques étalées sur 20 ans, le « surcoût » réel n’est que de 4,8. L’économie ainsi réalisée peut être investie sur d’autres aspects, comme l’assimilation.

Grâce à ces travaux de recherche, la prévision numérique progresse ainsi plus vite que la seule augmentation de la puissance de calcul.

Nouvelles versions des systèmes de prévision : qu'en attendre ?

Des prévisions plus fines, notamment des phénomènes météorologiques dangereux

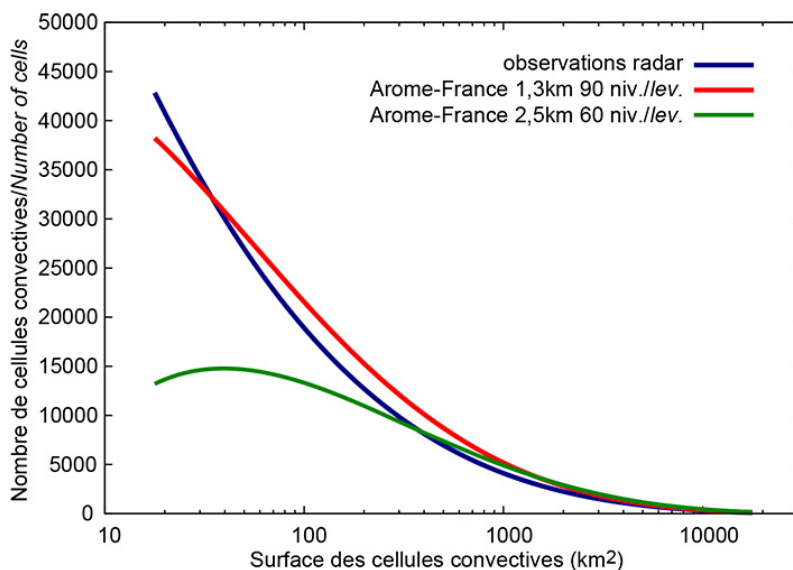
Le déploiement des nouvelles versions d'Arome et d'Arpege permet d'affiner la prévision opérationnelle, notamment la qualification des phénomènes météorologiques dangereux, ce qui profitera à tous les utilisateurs :

- institutionnels (services en charge de la sécurité civile, de la prévision des inondations, de la qualité de l'air, ministère de la Défense...);
- usagers aéronautiques (service de la navigation aérienne, exploitants d'aéroports, compagnies aériennes, aviation légère...);
- clients professionnels dans des secteurs d'activité variés (énergie, transports, BTP, agriculture...);
- citoyens.

En Europe, 25 à 30% du PNB sont directement influencés par la météo.

En pratique, les améliorations apportées à **Arome**, dont le passage de la résolution à 1,3 km et l'augmentation du nombre d'observations prises en compte, permettent d'améliorer la qualité des prévisions :

- des pluies à caractère orageux (intensité et localisation, rafales de vent associées aux gros orages...).



Distributions du nombre de cellules convectives observées par radar (bleu) et prévues par Arome 2,5 km (vert) et 1,3km (rouge) en fonction de leur superficie pour la journée du 21 juin 2012

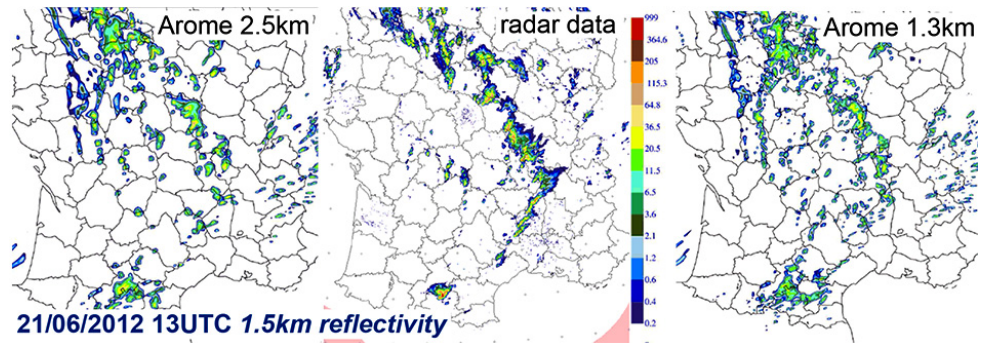
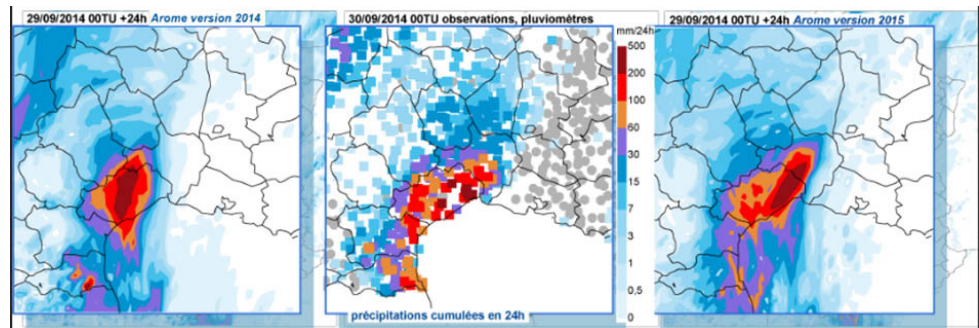
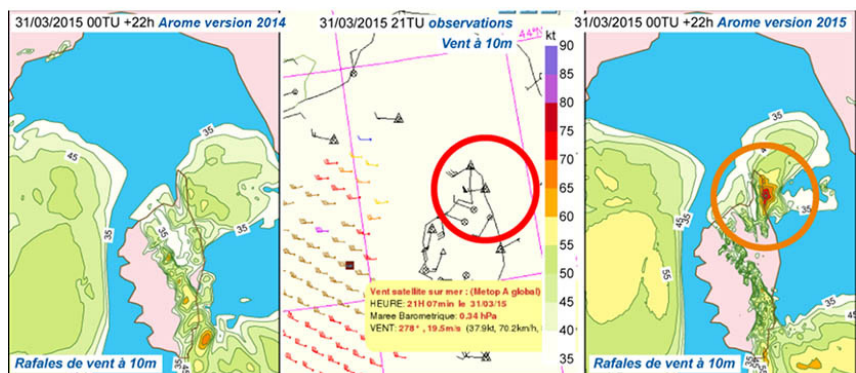


Illustration du plus grand réalisme de la nouvelle version du modèles Arome (à droite) dans la représentation des systèmes orageux organisés. L'image montre une combinaison des observations des radars de Météo-France (au centre) et le signal radar simulé à partir des prévisions de l'ancienne version d'Arome (à gauche) et de la nouvelle version. La nouvelle version représente un plus large éventail de tailles de nuages d'orages, de plus petites, en particulier. Les regroupements de ces nuages en systèmes présentent moins de trous, l'organisation apparaît un peu meilleure.



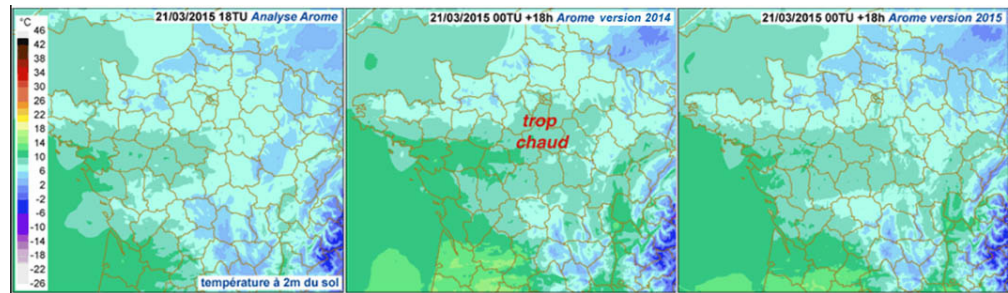
Cas du 29 septembre 2014 : observations (centre), prévisions Arome ancienne version (gauche) et prévisions Arome nouvelle version (droite). Avec la nouvelle version, les intensités sont réalistes et la localisation du phénomène est meilleure, attirant mieux l'attention sur Montpellier, le matin pour la journée.

- du vent dans les zones de relief marqué, et de façon plus modeste sur la température au niveau du sol

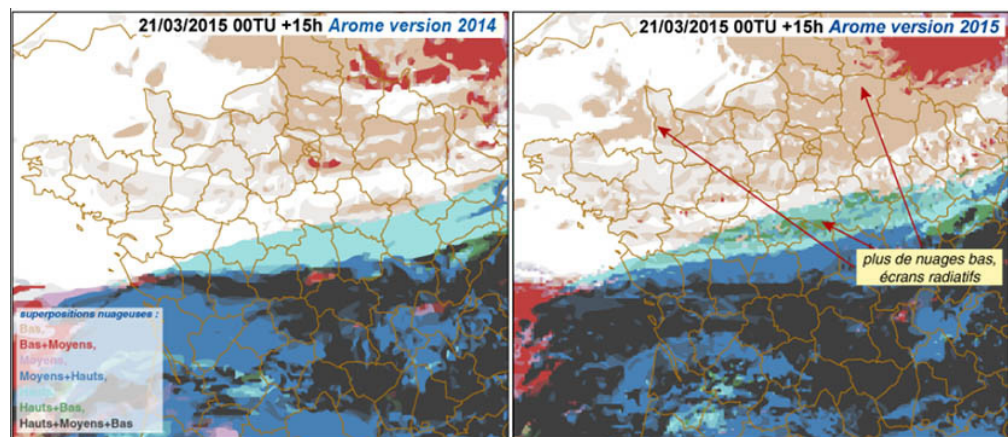


Cas du 3 mars 2015 : observations (centre), prévisions Arome ancienne version (gauche) et prévisions Arome nouvelle version (droite). La nouvelle version d'Arome offre une meilleure représentation du relief et de l'écoulement permettant de mieux décrire un effet d'accélération locale du vent près de Bastia

- des nuages de basse couche et du brouillard (localisation, heure de formation, heure de dissipation).



Cas du 21 mars 2015 : les prévisions avec l'ancienne version d'Arome annoncent des températures de fin d'après-midi trop chaudes. En réalité, la température n'est pas montée et vers 17 h, un pic de consommation d'énergie en a résulté. La nouvelle version, sans être parfaite, aurait permis de mieux anticiper.

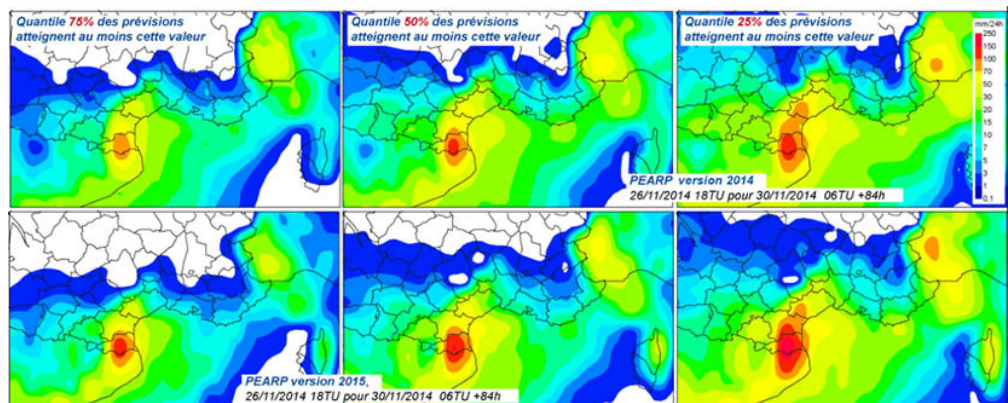


L'explication de cette meilleure prévision tient aux améliorations apportées à la description des nuages bas de glace, rendus plus persistants.

Une meilleure anticipation des situations à risque

Les modifications apportées à **Arpege**, comme la réduction de la maille à 7,5 km sur la métropole, l'augmentation du nombre d'observations et les changements dans l'assimilation et le modèle, améliorent la qualité des prévisions :

- des fortes précipitations



Les prévisions avec la nouvelle version d'Arpege ensemble annoncent l'épisode intense 3 jours et demi à l'avance avec plus de certitude (fortes intensités identifiées dès le quantile 75%).

- des tempêtes
- des températures au niveau du sol, en particulier le cycle diurne près des côtes
- de la couverture nuageuse

L'ensemble Arpege, lui aussi amélioré, permet une meilleure quantification, pour les 3 jours à venir, des risques associés à des phénomènes comme les tempêtes ou les gros systèmes précipitants. Ceci permet de relever le niveau d'attention précoce sur ces risques.

Des progrès également pour les prévisions dérivées

Les progrès sur les prévisions Arpege et Arome se répercuteront à un ensemble de prévisions dérivées :

- prévisions des crues ;
- prévisions sur alerte du transport, de la diffusion et du dépôt des polluants radiologiques ou d'autres types de polluants chimiques ;
- prévisions de qualité de l'air ;
- prévisions des vagues et des niveaux d'eau ;
- prévision sur mesure pour les clients professionnels (agriculture, routes, BTP...).

Grâce à l'installation des nouveaux supercalculateurs en 2014, les modèles utilisés pour la prévision des polluants radiologiques ou chimiques sont activables H24 en haute priorité à la demande des pouvoirs publics français, de l'Agence internationale de l'énergie atomique ou pour les besoins de l'aéronautique. Leurs résultats (cartes de concentration en polluants) sont disponibles en quelques minutes.

D'autres innovations à venir

Le déploiement des nouvelles versions d'Arome et d'Arpege est la première étape d'une série d'innovations qui seront mises en place d'ici à fin 2016.

Un nouveau système de prévision pour les très courtes échéances

L'élaboration des prévisions pour les 3 prochaines heures s'appuie aujourd'hui sur l'utilisation et l'extrapolation des observations et non sur le modèle Arome. Avec la méthode d'exploitation actuelle de ce modèle, les prévisions sur les 3 premières heures ne sont en effet disponibles... qu'après ces 3 heures ! C'est le temps nécessaire pour calculer les conditions aux frontières du domaine couvert par le modèle avec Arpege puis de réaliser l'assimilation et la prévision de manière à en assurer la qualité à 6 heures d'échéance et au-delà.

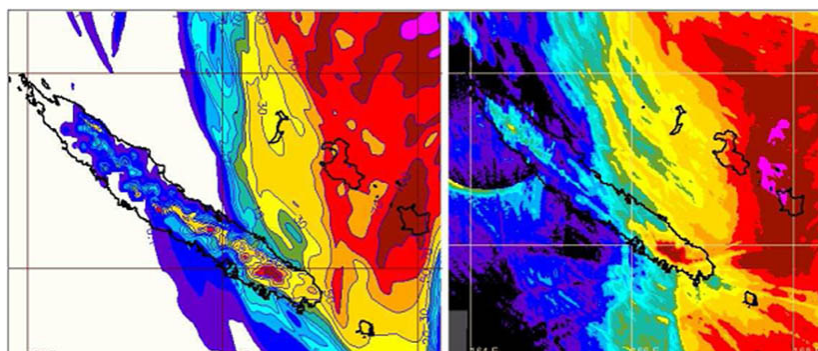
Afin d'améliorer ses prévisions immédiates, Météo-France lancera en 2015 une version dédiée d'Arome, qui intègrera les données d'observation toutes les heures. Cette nouvelle version permettra d'affiner le suivi temporel et spatial des épisodes météorologiques dangereux, comme les épisodes méditerranéens, notamment lors de vigilance météorologique orange ou rouge. Elle sera également très utile au secteur aéronautique, ainsi qu'à tous les clients dont les activités nécessitent de connaître très précisément la chronologie des épisodes pluvieux (transporteurs routiers, organisateurs d'événements en plein air, etc.).

Un système de prévision d'ensemble Arome

Actuellement, la méthode des ensembles (voir p. 9) n'est appliquée qu'avec le modèle global Arpege. Le renforcement de la puissance de calcul permettra le déploiement à l'horizon 2016 d'un nouveau système de prévision d'ensemble basé sur le modèle Arome. Il en découlera une meilleure caractérisation des risques de phénomènes dangereux à petite échelle (brouillard, épisodes orageux intenses, crues soudaines...), ce qui bénéficiera en premier lieu au secteur aéronautique et à la vigilance météorologique.

Cinq versions spécifiques d'Arome sur l'outremer

Les prévisions du modèle global Arpege sur l'outremer sont aujourd'hui affinées grâce au modèle régional Aladin (maille 7,5 km). Les ressources de calcul disponibles permettront de déployer en 2015 ou en 2016 des versions spécifiques du modèle à maille fine Arome sur ces zones, avec des progrès attendus sur la répartition du vent et des précipitations sur les îles. Cette version d'Arome représentera aussi les échanges avec la couche superficielle de l'océan. Il en est attendu une amélioration de la prévision de l'intensité des cyclones tropicaux.



Cyclone Pam les 13 et 14 mars 2015 : Pluies prévues en 24 heures par Arome (gauche) et observations radar (droite)

Et à l'horizon 2020 et au-delà ?

Les systèmes de prévision seront préparés afin de tirer tout le parti possible de nouvelles opportunités :

- le renouvellement de certains radars et la modernisation des autres, qui permettra de connaître l'état de l'eau dans les nuages (glace, eau liquide ou mélange des deux) ;
- l'intégration des données radars des pays limitrophes, couverts par Arome ;
- le lancement d'un nouveau sondeur hyperspectral en orbite géostationnaire au début des années 2020 ;
- la mise en place d'une nouvelle représentation des processus nuageux, qui devrait permettre de progresser encore sur la prévision du brouillard.

Des innovations portées par une recherche de haut niveau

Plusieurs des innovations évoquées dans les pages précédentes sont le fruit du travail du centre de recherches de Météo-France (Centre national de recherches météorologiques - CNRM) et des collaborations de l'établissement avec des équipes de recherche du CNRS et des universités. Le CNRM dispose d'une position reconnue tant dans la communauté nationale qu'internationale. En témoigne l'appréciation générale portée par le Haut Conseil pour l'Évaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur sur le laboratoire CNRM-GAME lors de la dernière évaluation de novembre 2014, qui le décrit comme une structure d'excellence¹.

Le centre de recherches de Météo-France occupe une position unique en France, avec un spectre d'activités large, visant à développer une compétence relativement exhaustive dans les domaines de la météorologie, du climat et de la qualité de l'air. Ses activités viennent soutenir l'ensemble des métiers de l'établissement, et allient recherches fondamentales et appliquées.

En matière de prévision numérique du temps, les travaux des équipes de recherches de l'établissement ont notamment conduit à :

- des innovations dans l'utilisation de certaines observations : sondeurs spatiaux, comme IASI² embarqué sur le satellite METOP-B, radars Doppler etc ;
- des avancées originales en assimilation de données, en particulier l'utilisation de la méthode des ensembles ;
- une bonne adaptation des codes numériques au calcul intensif parallèle, technologie utilisée par le nouveau supercalculateur ;
- la mise en œuvre d'un cœur de modèle très innovant, permettant une modélisation détaillée assez économique en termes de temps de calcul ;
- l'amélioration continue de la modélisation des processus atmosphériques, en particulier les échanges avec la surface, la turbulence ou encore les processus nuageux, grâce au transfert régulier vers l'opérationnel des travaux de recherche fondamentale.

Si le centre de Météo-France est un des référents français pour la recherche en prévision numérique du temps, il occupe également une place de premier plan en ce qui concerne la recherche climatique. Les équipes du CNRM participent notamment aux travaux du GIEC.

¹ Retrouvez l'intégralité du rapport sur <http://bit.ly/1BSUFLg>

