



.....
STRATEGIE 2016–2025
.....

FORTS D'UN OBJECTIF COMMUN



-  **Allemagne** Deutscher Wetterdienst (DWD)
-  **Autriche** Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)
-  **Belgique** Royal Meteorological Institute of Belgium (RMI/KMI)
-  **Croatie** Meteorological and Hydrological Service of Croatia (DHMZ)
-  **Danemark** Danish Meteorological Institute (DMI)
-  **Espagne** Agencia Estatal de Meteorología / State Meteorological Agency (AEMET)
-  **Finlande** Finnish Meteorological Institute (FMI)
-  **France** Météo-France
-  **Grèce** Hellenic National Meteorological Service (HNMS)
-  **Irlande** Met Éireann
-  **Islande** Icelandic Meteorological Office (IMO)
-  **Italie** Ufficio Generale Spazio Aereo e Meteorologia (USAM)
-  **Luxembourg** Air Navigation Administration
-  **Norvège** Norwegian Meteorological Institute
-  **Pays-Bas** Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI)
-  **Portugall** Portuguese Sea and Atmosphere Institute (IPMA)
-  **Royaume-Uni** Met Office
-  **Serbie** Republic Hydrometeorological Service of Serbia
-  **Slovénie** Meteorological Office, Slovenian Environment Agency (SEA)
-  **Suède** Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)
-  **Suisse** Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss
-  **Turquie** Turkish State Meteorological Service

Etats membres (janvier 2016)

.....
STRATEGIE 2016-2025
.....

FORTS D'UN OBJECTIF COMMUN

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	3
Synthèse	4
Contexte: défis et opportunités	7
Progrès dans le domaine des sciences météorologiques	11
Fourniture de prévisions à l'échelle mondiale	15
Soutien en matière de calcul haute performance	18
Appui au CEPMMT	21
Services aux Etats membres et coopérants	23
Conclusion	27

AVANT-PROPOS

Il y a quarante ans entrain en vigueur la Convention portant création du CEPMMT. Un groupe de nations européennes partageant la même vision, à savoir qu'une collaboration dans le domaine de la science météorologique serait profitable aux citoyens comme aux économies, rassemblaient leurs ressources pour créer ce qui est aujourd'hui un centre unique consacré à la prévision numérique du temps. En faisant du CEPMMT à la fois un institut de recherche et un centre opérationnel 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, ces pays ont non seulement placé la barre très haut mais posé en même temps les premières pierres d'une organisation internationale performante et axée sur sa mission.

Aujourd'hui, en regardant ce qui a été accompli, notre groupe de nations qui s'élargit ne peut s'empêcher de tirer une certaine fierté de la manière dont notre vision d'hier est devenue la réalité d'aujourd'hui. Le CEPMMT est le leader mondial attesté de la prévision numérique du temps (PNT), en termes d'innovation et de pratique. Ses prévisions sont reconnues dans le monde entier pour être de la plus haute qualité et aujourd'hui, elles sont aussi précises à six jours qu'elles l'étaient à trois jours il y a trente ans. Ces prévisions ont aujourd'hui une résolution spatiale plus de 20 fois plus fine qu'à nos débuts. Chaque jour, les Services météorologiques nationaux (SMN) des 34 Etats membres et Etats coopérants ainsi que nos partenaires internationaux répartis dans le monde entier reçoivent les prévisions du Centre. Nous alimentons en permanence les Services météorologiques et, par l'intermédiaire des programmes de l'OMM, nous permettons aux pays les plus pauvres d'accéder à des données vitales.

Pour la période 2016–2025, la base de notre stratégie se résume en trois mots : davantage de collaboration. Vu ce que la collaboration nous a déjà permis d'accomplir, nous savons que c'est la seule manière de réussir sur la voie ambitieuse tracée par cette Stratégie. C'est le partenariat entre les Etats membres et les Etats coopérants du CEPMMT qui fixe l'orientation à suivre et c'est aussi ce partenariat qui soutient le personnel du Centre représentant plus de 30 pays. Il permet au CEPMMT de travailler avec des experts indépendants du monde entier, qui partagent ainsi leurs connaissances, leurs expériences et leurs idées, et il nous met en relation avec les agences spatiales, lesquelles rendent possibles certaines mesures critiques. Avec davantage de collaboration, nous serons mieux à même de relever les prochains défis de taille qui nous attendent, à savoir : prévoir l'éventail de scénarios possibles et la probabilité d'occurrence de phénomènes météorologiques à fort impact jusqu'à deux semaines à l'avance, établir des modèles et des transitions de régime à grande échelle jusqu'à quatre semaines à l'avance et prévoir des anomalies à l'échelle mondiale jusqu'à un an à l'avance.

Le Centre a-t-il la même vision qu'à ses débuts ? Non, parce que la science des prévisions météorologiques mondiales a énormément évolué. Par exemple, quand le CEPMMT a démarré ses activités, il était à peine imaginable de pouvoir utiliser un jour plus de 40 millions d'observations délivrées quotidiennement par plus de 70 instruments satellitaires. On n'avait pas non plus la capacité de fournir aux prévisionnistes une estimation crédible de la fiabilité de nos prévisions via la prévision d'ensemble.

Malgré tous les progrès accomplis, nous sommes encore loin du but. Mais mieux averti, l'homme est mieux armé. Avec des prévisions de meilleure qualité, les phénomènes météorologiques extrêmes anéantiront moins de vies humaines et de moyens d'existence, et les économies régionales et nationales seront moins paralysées par les inondations, les vagues de chaleur, les périodes de grand froid, les cycles tropicaux et les vents violents.

La présente Stratégie a été élaborée en collaboration et permettra d'établir des prévisions qui seront de plus en plus à une échelle humaine. Elle améliorera les prévisions à longue échéance sur l'Europe et fournira à ceux qui en ont besoin (services de secours, organismes publics et citoyens) les outils nécessaires pour prendre des décisions éclairées, en fonction du niveau de confiance en chacune de nos prévisions.

Nous avons fait progresser la science et amélioré les prévisions mais il reste encore beaucoup à faire, et nous sommes prêts à relever le défi.

Gerhard Adrian

President, ECMWF Council



Membres du Conseil et directeurs du CEPMMT en décembre 2015

SYNTHÈSE

LES OBJECTIFS À L'HORIZON 2025

Fournir les prévisions requises pour sauver des vies, protéger les infrastructures et promouvoir le développement économique dans les Etats membres et coopérants, en mettant en place les activités suivantes:

Recherche aux confins du savoir pour développer un modèle global intégré du système Terre, permettant d'établir des prévisions avec une plus grande fidélité jusqu'à un an à l'avance. Ces travaux s'attaqueront aux problèmes les plus difficiles posés par la prévision numérique du temps, par exemple le faible niveau des capacités actuelles de prévision du temps en Europe un mois à l'avance.

Analyses et prévisions d'ensemble opérationnelles décrivant l'éventail de scénarios possibles et leur probabilité d'occurrence, tout en élevant le niveau requis de qualité et de fiabilité opérationnelle. En 2016, l'échéance des prévisions météorologiques à moyen terme de qualité utile s'élève à environ une semaine en moyenne. Notre objectif d'ici 2025 est d'offrir des prévisions d'ensemble de qualité des événements météorologiques à fort impact jusqu'à deux semaines à l'avance. Grâce à une approche unifiée, nous envisageons également de prévoir les structures météorologiques à grande échelle et les transitions de régime jusqu'à quatre semaines à l'avance et les anomalies à l'échelle mondiale jusqu'à une année à l'avance.

Aujourd'hui, l'objectif du CEPMMT, définie dans sa Convention, est le même que lors de la création du Centre : **développer une capacité de prévision météorologique à moyen terme et de fournir des prévisions aux Etats membres et aux Etats coopérants. Le CEPMMT** développe des modèles globaux et des systèmes d'assimilation de données sur la dynamique, la thermodynamique et la composition de l'enveloppe fluide de la Terre et des éléments en interaction avec le système Terre. Le Centre assure le fonctionnement de ces modèles et systèmes 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7.



Défis et opportunités

Ces dernières années ont été le théâtre de progrès scientifiques et technologiques qui ont ouvert la voie à un nouveau potentiel en ce qui concerne le degré d'anticipation avec lequel nous entendons prévoir divers aspects du temps. Elles ont également montré la dépendance croissante de la société vis-à-vis de prévisions météorologiques exactes et fiables. De bonnes et de moins bonnes prévisions ont marqué ces dernières années, qui ont également été caractérisées par certains changements tendant vers une approche globale du système Terre.

Nous sommes convaincus qu'au cours des dix prochaines années nous devons mettre à profit les progrès déjà réalisés dans les domaines de l'assimilation de données, du développement de modèles, de l'estimation de l'incertitude et du couplage des composantes du système Terre, et ainsi faire un pas décisif en direction de la prévision météorologique numérique améliorée. Il sera également nécessaire de répondre à des défis informatiques qui s'annoncent comme majeurs et auxquels la communauté scientifique météorologique devra faire face, à savoir les données massives (*big data*) et l'efficacité de calcul.

Une feuille de route jusqu'à 2025

Les progrès réalisés dans le domaine des sciences météorologiques et l'amélioration des prévisions météorologiques numériques en vue d'atteindre ces objectifs au cours de la prochaine période de référence nécessiteront de trouver un équilibre entre compétences et technologie. Cet équilibre dépendra des éléments suivants:

- des conditions et un environnement de travail favorables, pour attirer du personnel compétent et le conserver ;
- des efforts de la part du CEPMMT pour susciter et favoriser la coopération internationale dans le domaine scientifique et informatique, entre les Etats membres et au-delà ;
- une infrastructure puissante, résistante et présentant un bon rendement énergétique, avec une installation de calcul haute performance, cherchant systématiquement à minimiser son impact environnemental ;
- des codes de modélisation et de traitement adaptables et efficaces pour une approche globale du système Terre.

Services aux Etats membres et coopérants et à une communauté plus large

Une amélioration des services que le Centre met au point et offre à ses Etats membres et coopérants, ainsi qu'à la communauté météorologique plus large, est prévue dans la stratégie, notamment dans les domaines suivants:

LE SYSTÈME TERRE DANS LE CONTEXTE DE LA PRÉVISION MÉTÉOROLOGIQUE

Dans le contexte de la prévision météorologique, le « système Terre » fait référence à l'enveloppe fluide de la Terre et à ses interactions avec la surface sous-jacente. Les composantes du système Terre, telles que l'atmosphère, les océans, la glace de mer et la surface des terres émergées continentales, ont une incidence significative sur les conditions météorologiques. La modélisation de leurs interactions peut donc contribuer à une amélioration des prévisions météorologiques. L'utilisation de la modélisation de l'océan dans le système de prévision intégré a, par exemple, permis d'améliorer les prévisions à moyenne échéance, ainsi qu'à l'échelle mensuelle et saisonnière. L'adoption d'une approche système Terre consiste à représenter les interactions entre autant de composantes du système Terre que nécessaire, au niveau de complexité requis, pour atteindre nos objectifs futurs.

- des capacités spécifiques de calcul haute performance et des logiciels spécialisés pour les Etats membres ;
- la mise à disposition d'archives complètes de données météorologiques à l'intérieur et à l'extérieur du CEPMMT ;
- des réanalyses et des reprévisions mondiales ;
- des formations de niveau avancé sur la modélisation et la prévision du système Terre ;
- un partenariat durable avec l'Organisation météorologique mondiale (OMM) permettant aux pays les plus pauvres d'avoir accès à des données vitales ;
- des conditions initiales et des conditions aux limites pour des modèles régionaux de prévisions météorologiques à échelle fine, telles que requises par les Etats membres participant au programme facultatif ;
- d'autres activités opérationnelles telles que la surveillance de l'atmosphère, les prévisions des inondations et les services liés aux changements climatiques, assurés par des tiers.

Bien que la présente stratégie fixe les objectifs pour les dix années à venir, elle fera l'objet d'une révision dans cinq ans, ce qui permettra de la faire évoluer en fonction des changements dans la science et la technologie. En outre, le plan de mise en œuvre de la présente stratégie, qui couvre une période continue de quatre ans (programme quadriennal d'activités), sera mis à jour chaque année et révisé annuellement par les comités consultatifs du Centre et le Conseil. Cela permettra au Centre d'établir des priorités dans la mise en œuvre en fonction de certains facteurs telles que la disponibilité des ressources et les progrès accomplis en matière de recherche et de développement.



CONTEXTE: DÉFIS ET OPPORTUNITÉS

L'ampleur du défi

Les populations sont de plus en plus vulnérables aux conditions météorologiques et à d'autres aspects de l'environnement naturel en raison de la densité démographique, des régions habitées et de l'évolution du climat. Les besoins d'informations météorologiques sont incessants, que ce soit pour les populations, les entreprises, les décideurs politiques, les gouvernements ou la société au sens large. Au fur et à mesure de l'évolution des capacités prévisionnelles, la valeur de ces informations est devenue de plus en plus importante et les attentes quant à leur amélioration ont pris des proportions considérables. Non seulement les prévisions météorologiques sauvent des vies et limitent les dégâts matériels, mais ces informations préalables permettent à de nombreux secteurs de l'économie de gérer les risques météorologiques et climatiques. Ces opportunités découleront d'une intégration complète des travaux scientifiques, des prévisions numériques et les besoins des utilisateurs.

Le CEPMMT est une réussite européenne en termes de coopération scientifique et technique. Aujourd'hui, ses 34 Etats membres et coopérants, soit le double du nombre initial, travaillent ensemble sur la prévision météorologique numérique. L'approche du Centre est fondée sur le partenariat. Sans coopération, il lui est impossible de concrétiser sa stratégie. La communauté météorologique européenne, dont fait partie le Centre, a connu un essor considérable depuis la création du Centre en 1975 et continue de se développer de façon à ce que la complémentarité soit au centre de la coopération. Le CEPMMT travaille en étroite collaboration avec les Services météorologiques nationaux qui sont chargés d'avertir la population en cas de phénomènes météorologiques extrêmes et de fournir des services météorologiques à leurs utilisateurs. Le Centre apporte un soutien aux Services météorologiques nationaux en leur fournissant des prévisions à l'échelle mondiale qui viennent compléter leurs propres capacités en matière de prévisions météorologiques numériques. Les Etats membres et coopérants du Centre ont des besoins et des expertises météorologiques divers. A mesure que le contexte évolue, le Centre joue un rôle central dans le cadre duquel il répond à la fois aux besoins communs à tous les Etats membres, mais également aux besoins individuels de chaque Etat membre.

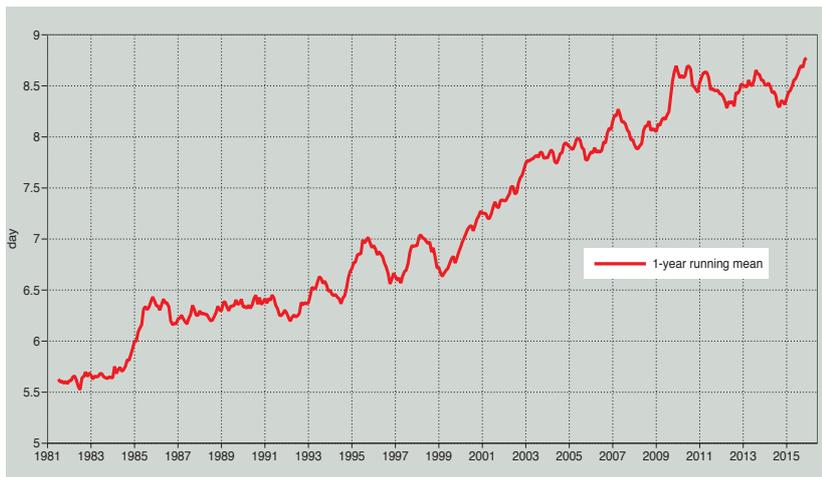
Le volume et la richesse des observations de la Terre depuis l'espace continuent d'augmenter de façon considérable. Le Centre dépend dans une très large mesure des observations satellitaires de haute qualité fournies par EUMETSAT et travaille en étroite collaboration avec cette dernière pour optimiser l'utilisation des satellites opérationnels. Le

COLLABORATION AVEC LES SERVICES MÉTÉOROLOGIQUES NATIONAUX

Le Centre travaille en collaboration avec les Services météorologiques nationaux européens et leur fournit des données et un appui fondamentaux en matière de prévisions météorologiques numériques à l'échelle mondiale. Cette collaboration prend diverses formes et comprend la recherche, les prévisions météorologiques numériques, le calcul haute performance et la formation. Ainsi, certaines propositions des Etats membres peuvent être mises en œuvre conjointement avec le Centre, si celui-ci dispose de ressources pertinentes à offrir. De la même façon, le Centre peut solliciter les Etats membres disposant d'une expertise ou d'intérêts pertinents pour élaborer conjointement des solutions, telles que le Programme de scalabilité. Le Centre est une ressource européenne partagée qui fournit un service efficace et de haute qualité à ses Etats membres et coopérants.

Centre collabore également avec l'ESA dans le cadre de l'évaluation de nouvelles missions satellitaires de recherche. Le CEPMMT entretient une collaboration étroite avec de nombreuses agences spatiales du Groupe de coordination pour les satellites météorologiques (*Coordinating Group for Meteorological Satellites*) de l'OMM (notamment les agences chinoise, japonaise, indienne et américaine), ainsi qu'avec des fournisseurs nationaux d'observations conventionnelles. Cette collaboration va se poursuivre afin de permettre au Centre de contribuer de façon active à définir les besoins des utilisateurs en ce qui concerne les nouvelles observations du Système mondial intégré des systèmes d'observation (*Integrated Global Observing System*) de l'OMM et aider les agences spatiales à concevoir leurs futurs programmes.

La recherche universitaire en météorologie et en climatologie en Europe et ailleurs s'est considérablement développée. Les prévisions météorologiques du secteur privé, ainsi que l'utilisation par les entreprises des informations contenues dans les prévisions météorologiques (et environnementales), se sont elles aussi fortement développées. Il existe pour le CEPMMT de nouvelles possibilités de partenariat avec des homologues et d'autres organisations du monde entier. L'OMM fournit le cadre nécessaire à de nombreuses activités collaboratives à la fois dans le domaine de la recherche et dans le domaine des prévisions météorologiques opérationnelles. Le Centre joue ainsi un



Evolution de la compétence prévisionnelle à moyenne échéance du CEPMMT au cours des 35 dernières années. La courbe indique le nombre de jours pendant lesquels les prévisions contiennent des informations utiles. Pour le définir, on prend le jour au-delà duquel, dans l'hémisphère Nord, la corrélation des anomalies à l'altitude géopotentielle 500 hPa chute sous le seuil de 60 %.

rôle de premier plan sur la scène internationale en contribuant aux objectifs stratégiques de l'OMM.

Lors de l'inauguration du CEPMMT en 1975, les prévisions météorologiques numériques mondiales n'en étaient qu'à leurs balbutiements et la vision audacieuse à l'origine de la création du Centre devait permettre de passer de prévisions météorologiques alors à deux jours à un objectif incroyablement ambitieux, soit des prévisions à dix jours. Compte tenu de l'absence de systèmes de calcul haute performance et d'observations, telles que celles fournies par les satellites, à l'époque, cette vision était effectivement audacieuse.

Aujourd'hui, la prévision météorologique numérique permet une bien meilleure connaissance scientifique des éléments qui déterminent la compétence prévisionnelle. L'assimilation de données, la production d'une série de scénarios probables à l'aide d'ensembles et l'influence des composantes du système Terre sur le temps font désormais partie intégrante de l'activité de prévision du temps. Des prévisions à moyenne échéance précises et fiables ne sont possibles que si les prévisions mondiales à court terme, telles que les prévisions à 12 heures, sont encore plus précises. Cela a ouvert la voie à un nouveau potentiel en ce qui concerne le degré d'anticipation avec lequel nous entendons prévoir divers aspects du temps. Les prévisions météorologiques probabilistes ne sont désormais plus limitées à une échéance de dix jours et les prévisions d'ensemble mensuelles et saisonnières basées sur la valeur initiale présentent de véritables opportunités de progrès scientifiques. Bien que la présente stratégie s'appuie clairement sur la précédente stratégie du CEPMMT, le contexte actuel signifie qu'une réponse à ces défis et opportunités permettrait à la prévision météorologique numérique à l'échelle mondiale de franchir certaines étapes décisives.

Grâce à de nouveaux progrès scientifiques et à la présence de nouvelles observations, fournies par exemple par de nouveaux instruments satellitaires, la PNT mondiale évolue actuellement en une prévision numérique globale de l'environnement. Les diverses utilisations et la valeur des informations environnementales sont en augmentation. Il est également de plus en plus important d'avoir accès à des données ouvertes. Les modèles sont de plus en plus complexes, intégrant un vaste éventail de composantes du système Terre. Les services de surveillance et de prévision de l'environnement (comme le programme Copernicus)

constituent pour le CEPMMT des opportunités d'élargir son rôle en s'appuyant sur son expérience de la météorologie et de la transition entre recherche et activité opérationnelle. Il existe désormais diverses sources de financement pour la recherche et l'activité opérationnelle, qui permettront de mieux réaliser la présente stratégie.

Le calcul haute performance (HPC) est au cœur des activités du CEPMMT depuis ses débuts. L'utilisation par les Etats membres d'une part importante des installations de calcul du Centre s'est accrue et comprend désormais la recherche et les prévisions opérationnelles. L'augmentation des performances de calcul pour parvenir aux performances Exascale dans les années 2020 sera possible grâce à l'évolution des architectures des superordinateurs et notamment à un recours de plus en plus marqué au calcul parallèle. L'adaptation des codes de modélisation dans le but de les rendre aussi efficaces que possible a toujours été une activité clé du CEPMMT. Toutefois, les demandes futures en termes de calcul et le caractère de la nouvelle génération de machines signifient que celle-ci devra l'être encore plus. Le CEPMMT doit tenir compte des effets sur l'environnement de l'ensemble de ses activités et en minimiser l'empreinte carbone, essentiellement parce que ses activités de calcul continueront d'être de grandes consommatrices d'énergie. En outre, le volume de données prévisionnelles continuera d'augmenter de façon considérable du fait d'une résolution plus fine, des ensembles, des résultats sur mesure, etc. En conséquence, la fourniture de données ne se limitera plus au stockage et à la livraison de données, mais impliquera également de placer les performances de calcul là où se trouvent les données. L'omniprésence de données massives ou « big data » et leur convergence avec le calcul haute performance (*high performance computing* - HPC) génèrent des opportunités basées sur la modélisation et l'analyse des données. Ces défis en matière de calcul sont communs à tous les acteurs météorologiques et climatiques à l'échelle mondiale et nous entendons les relever grâce à une étroite collaboration internationale.

Pour résumer, le contexte dans lequel a été élaborée la présente stratégie est caractérisé par des changements et des évolutions rapides. Les paragraphes suivants présentent deux études de cas qui illustrent certains des défis que la présente stratégie entend relever.

AMÉLIORATION DE NOS PRÉVISIONS – ÉTUDE DE CAS 1

Transition de cyclones tropicaux à cyclones extratropicaux - jour 6

Avant de brièvement se transformer en ouragan de catégorie 1, Bertha était une tempête tropicale nord-atlantique. Située à proximité de la côte nord-américaine et se déplaçant vers le nord-est, elle a subi une transition extratropicale avant de se diriger vers l'est et de traverser l'Atlantique (Figure 1). Elle a balayé certaines régions de l'Europe du Nord-Ouest de violentes perturbations venteuses et de fortes pluies. Les prévisions de ce phénomène étaient entachées d'un haut degré d'incertitude, comme le montre la grande dispersion des trajectoires des membres de l'ensemble sur la Figure 1. Selon certains membres de l'ensemble, le phénomène devait s'atténuer et ne pas affecter l'Europe de l'Ouest, tandis que d'autres prévoient que le cyclone devait être extrême et causer d'importants dégâts par ses vents. L'indice de prévision d'événements extrêmes en Figure 2 indiquait la possibilité d'une tempête sur l'Europe du Nord plus d'une semaine avant l'évènement, mais sa localisation et sa forte probabilité d'occurrence ne se sont précisées que quelques jours avant l'évènement.

Les transitions extratropicales sont particulièrement difficiles à prévoir, notamment parce que la représentation des débuts de cyclones tropicaux souffre d'une résolution limitée et parce que le couplage au modèle de l'océan joue un rôle clé. Une amélioration de la résolution et du couplage du modèle nous permettra d'améliorer la représentation des cyclones tropicaux, qui à son tour permettra d'améliorer les prévisions de transitions extratropicales. La dispersion des prévisions d'ensemble (ENS) de l'intensité et de la trajectoire des cyclones seront diminuées de façon à ce que nos prévisions permettent de fournir des alertes plus précoces et plus précises des événements météorologiques extrêmes.

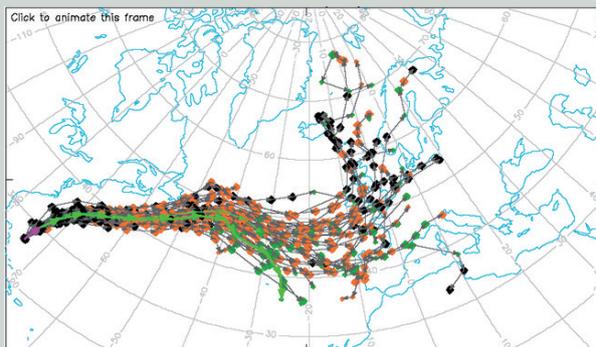


Figure 1. Trajectoires de Bertha dans les extratropiques, telles que prévues par les prévisions d'ensemble (lignes grises), la prévision de contrôle (ligne verte fine) et la prévision à résolution fine (HRES) (ligne verte épaisse). Bertha a touché l'Europe de l'Ouest aux alentours du sixième jour de la prévision.

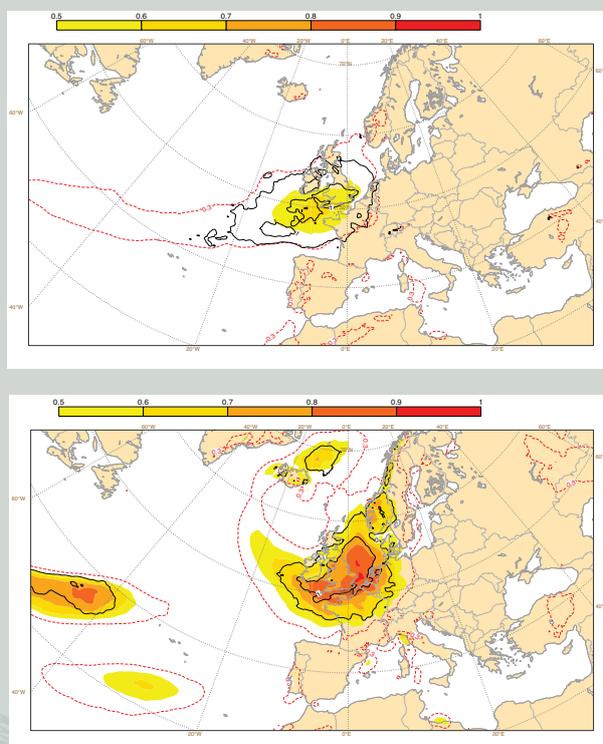


Figure 2. Indice de prévision d'événements extrêmes (EFI) de vitesse du vent pour la période du 10 au 12 août 2014, à des échéances de 6 à 9 jours (haut) et à 2 à 5 jours (bas).

AMÉLIORATION DE NOS PRÉVISIONS – ÉTUDE DE CAS 2

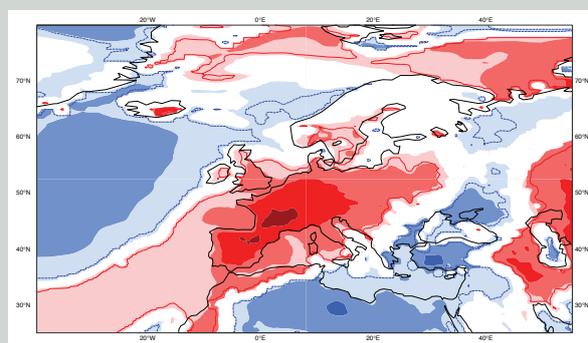
Vague de chaleur en Europe – semaine 3

Une vague de chaleur a touché l'Europe pendant l'été 2015. Elle a débuté en Europe de l'Ouest en juin, avec un pic entre le 29 juin et le 7 juillet 2015, et plusieurs records de température ont été enregistrés dans toute l'Europe. Les records de température ont notamment concerné l'Allemagne, qui a enregistré la température la plus élevée jamais atteinte le 5 juillet, les régions suisses du Nord des Alpes, qui ont enregistré la température la plus élevée jamais atteinte le 7 juillet, Paris, qui a connu sa deuxième journée la plus chaude le 1er juillet, Madrid, qui a connu sa journée la plus chaude pour un mois de juin le 29 juin, et le Royaume-Uni, qui a connu sa journée la plus chaude pour un mois de juillet le 1er juillet.

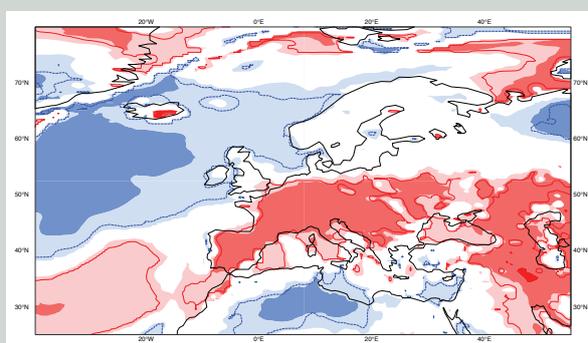
La Figure 3 présente les prévisions mensuelles pour l'Europe de l'Ouest publiées quelques jours à quelques semaines avant l'évènement concernant les anomalies moyennes hebdomadaires par rapport à la climatologie du modèle. Les prévisions publiées deux semaines et demi avant la vague de chaleur (soit le 18 juin) prévoyaient des températures anormalement élevées en Europe. Les prévisions du 22 juin ont renforcé l'intensité de la vague de chaleur prévue. En revanche, les prévisions du 15 juin, soit trois semaines avant l'évènement, n'indiquaient aucun signe de vague de chaleur.

En repoussant les limites de la recherche, nous acquérons une meilleure compréhension des sources de prévisibilité à ces échéances et améliorerons le système de prévision intégré (IFS) afin de pouvoir en extraire le signal prévisible. L'objectif de la présente stratégie pour la prochaine décennie est de porter les performances des prévisions à trois semaines et au-delà au niveau actuel des prévisions à deux semaines et demi. Cela permettra d'améliorer l'échéance à laquelle les alertes liées à des vagues de chaleur ou à des périodes de grand froid peuvent être fournies par les Services météorologiques nationaux.

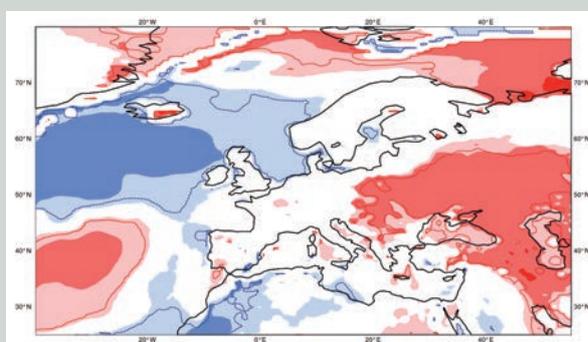
22 June



18 June



15 June



Analysis

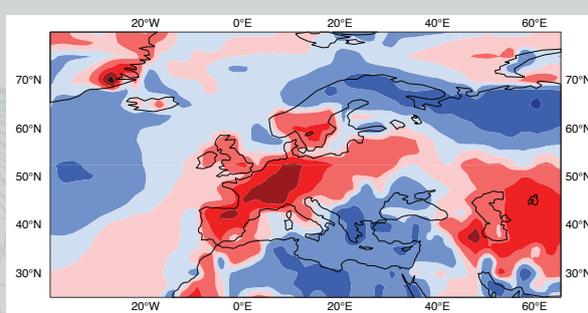


Figure 3. Prévisions de la température à 2 mètres : Anomalie hebdomadaire pour la période du 29 juin au 5 juillet tirée de l'analyse (en bas) et des prévisions des 22 juin (en haut), 18 juin (en dessous) et 15 juin (en dessous).

PROGRÈS DANS LE DOMAINE DES SCIENCES MÉTÉOROLOGIQUES

La recherche à des fins d'amélioration des modèles de prévision opérationnels est l'un des deux grands objectifs du CEPMMT. Pour atteindre les objectifs de qualité prévisionnelle définis dans la présente stratégie, le Centre va devoir mener des recherches capables d'améliorer de façon significative la compétence du système de modèle prévisionnel et d'assimilation de données. Le CEPMMT assurera une activité de recherche aux confins du savoir pour développer un modèle global intégré du système Terre et établir des prévisions avec une plus grande fidélité jusqu'à un an à l'avance. Ces travaux s'attaqueront aux problèmes les plus difficiles posés par la prévision numérique du temps et en particulier à des aspects comme le faible niveau de la compétence prévisionnelle actuelle en Europe un mois à l'avance.

Les deux défis scientifiques les plus importants de la décennie à venir, que le CEPMMT aura à relever pour améliorer sa compétence prévisionnelle à moyenne échéance, sont les suivants:

Pour réaliser ces objectifs, le CEPMMT effectuera des recherches sur tous les aspects de la prévision météorologique mondiale, liés à des prévisions établies jusqu'à un an à l'avance.

A Modélisation du système Terre : incorporer dans le modèle une augmentation du niveau de complexité dans la représentation des processus physiques et chimiques et de l'interaction entre l'atmosphère, les océans, les glaces de mer et les terres émergées ;

B Amélioration de la compétence prévisionnelle : en utilisant une estimation plus précise de l'état initial et en représentant de manière cohérente l'incertitude liée aux observations et au modèle à la fois dans l'état initial et dans les prévisions.

Ces aspects comprennent l'assimilation de données, le développement de modèles, l'estimation de l'incertitude et le couplage des composantes du système Terre. Les recherches devront être menées aux confins de la science des prévisions météorologiques, en envisageant de nouvelles méthodes pour améliorer encore la compétence et la fidélité des prévisions. L'activité de recherche fera l'objet d'une coopération internationale avec les Etats membres et coopérants, ainsi qu'avec des Services météorologiques, des universités et des centres de calcul du monde entier. Le CEPMMT participera notamment dans une large mesure au Programme mondial de recherche sur la prévision du temps (*World Weather Research Programme*), en particulier en ce qui concerne les trois grands projets suivants : les événements météorologiques à fort impact, la prévision polaire et la prévision sous-saisonnière à saisonnière. Le CEPMMT participera également aux travaux du Programme mondial de recherche sur la prévision du temps (*World Climate Research Programme*) pertinents au regard des objectifs en matière de prévision météorologique.

Des objectifs quantitatifs seront définis, notamment en ce qui concerne les publications, les citations et les taux de financements réussis, afin de mesurer l'impact des activités de recherche du CEPMMT, et en particulier sa contribution à la communauté scientifique mondiale. L'accent sera notamment placé sur les indicateurs de performance de la collaboration en matière de recherche.

A Modélisation du système Terre

Le développement de modèles du système Terre nécessite un perfectionnement des composantes individuelles du système Terre ainsi que l'intégration de nouvelles composantes, si elles contribuent à améliorer la compétence des prévisions météorologiques.

Développement des modèles

Les modèles de prévision numérique du temps ont évolué, passant de modèles de flux atmosphériques à résolution grossière à des modèles de prévision du système Terre physiquement complexes, à haute résolution. De nos jours, les modèles de prévision peuvent résoudre des échelles de mouvement basses, jusqu'à des dizaines de kilomètres, avec des liens vers la surface des terres émergées et les océans. Pour améliorer la fidélité des prévisions, de nouvelles composantes devront être ajoutées aux modèles et la résolution spatiale devra être améliorée.

La composante atmosphérique est limitée entre autres par l'actuelle incapacité à résoudre de manière explicite les mouvements de l'échelle de convection. La convection humide représente l'essentiel du transport vertical de chaleur et d'humidité dans l'atmosphère, en particulier dans les régions tropicales. Il est essentiel d'améliorer la modélisation des tropiques pour augmenter la compétence prévisionnelle en Europe à moyenne et à plus longues échéances. Une résolution horizontale élevée, un lien vers les modèles d'océans et de terres émergées et une meilleure représentation des mouvements à l'échelle de la convection sont tous des éléments nécessaires à une amélioration de la qualité des prévisions tropicales. Le flux de chaleur entre l'atmosphère et les océans dépendent dans une très large mesure de la présence de vents à basse altitude, et de la remontée et de la plongée des eaux dans les océans. Une augmentation de la résolution entraînera une modélisation plus précise des liens entre les flux car les champs de vents seront améliorés et la dynamique des océans sera représentée de manière plus précise.

Au cours des dix années à venir, la recherche visant à mieux comprendre les processus physiques sera essentielle car elle améliorera les paramétrages caractérisant les processus d'échelle sous-maille ainsi que la recherche sur les modes de représentation de l'incertitude des modèles. Il conviendra d'intégrer des niveaux plus poussés d'ajustement automatique aux différentes échelles car les processus tels que la convection seront partiellement résolus, les effets en trois dimensions du rayonnement seront plus importants et la modélisation des surfaces des terres émergées à très haute résolution deviendra réalisable. Il sera crucial également de développer la physique des nuages et des aérosols ainsi que la modélisation des processus concernant la surface des terres émergées.

Le CEPMMT a commencé à définir un noyau dynamique plus souple, et des améliorations du modèle spectral et hydrostatique actuel sont en cours de développement. De nouvelles méthodes numériques pour un traitement efficace et précis des données sur des grilles non structurées seront développées et des systèmes d'équations non



PARTENARIATS AVEC LES UNIVERSITÉS: OPENIFS

OpenIFS est une version récente du modèle que le CEPMMT met à disposition à des fins de recherche et de formation. Il est issu de l'IFS, le logiciel de prévision météorologique numérique utilisé au Centre. Le programme OpenIFS contribue à renforcer la coopération avec les universités et autres instituts de recherche. OpenIFS est notamment utilisé dans le domaine de la recherche lors des essais en matière de calculs de précision réduite qui alimentent directement le programme de scalabilité. Il est également utilisé dans l'enseignement universitaire, où il fait office d'instrument de modélisation numérique pouvant servir à démontrer la mesure dans laquelle les modifications de paramétrage affectent les phénomènes météorologiques et les caractéristiques de la circulation à grande échelle. Le consortium EC-Earth utilise OpenIFS pour la composante atmosphérique de son modèle du système Terre. Tous ces exemples illustrent le rôle croissant d'OpenIFS dans des projets de recherche de grande envergure impliquant des collaborations internationales.

hydrostatiques, entièrement compressibles, seront envisagés. Ces éléments seront développés en étroite collaboration avec les Etats membres et coopérants dans le cadre du programme Scalability.

Composantes du système Terre

Il est indispensable de disposer d'un cadre de modélisation intégré représentant le système Terre, comprenant l'atmosphère, océans, terres émergées et cryosphère, pour assurer des capacités de prévision et d'analyse sans discontinuité. Cela implique par ailleurs que la représentation détaillée des processus physiques et chimiques et le couplage entre l'atmosphère et la surface feront partie intégrante du modèle pour toutes les échelles et les échéances de prévision visées. L'assimilation d'un volume accru d'observations de composantes du système Terre en vue de définir les états initiaux est également nécessaire si l'on souhaite réduire les erreurs de prévision. Une collaboration avec d'éminents groupes de recherche dans le monde entier est essentielle pour couvrir tous les aspects de la modélisation et de l'assimilation du système Terre.

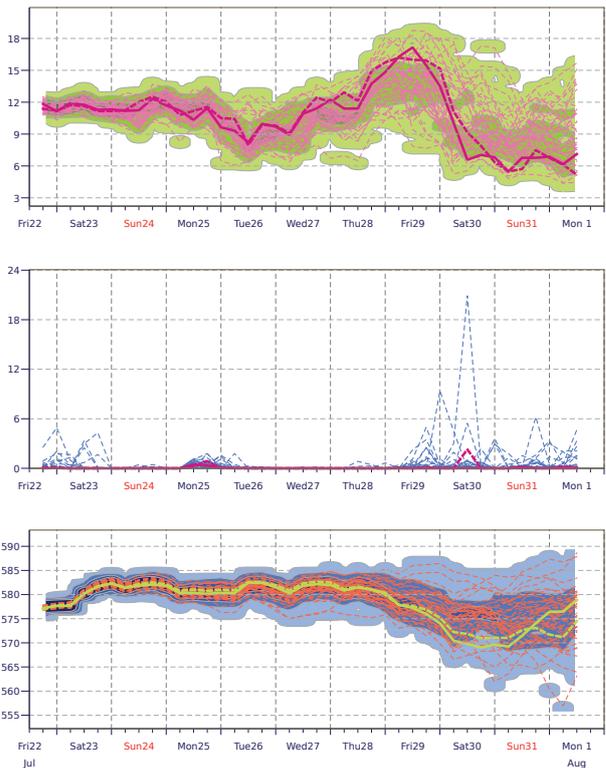


PARTENARIATS STRATÉGIQUES DANS LE DOMAINE DE L'OBSERVATION DE LA TERRE

Les données satellitaires et les données conventionnelles sont essentielles pour le développement et l'amélioration de la prévision météorologique numérique. Le CEPMMT et EUMETSAT travaillent en étroite collaboration pour démontrer la valeur des nouvelles données satellitaires et s'assurer que les Etats membres et coopérants tirent le maximum de bénéfices de leur investissement dans le programme satellitaire. Cela permet au CEPMMT d'utiliser les observations actuelles et futures de façon efficace, notamment celles issues de la prochaine génération de données polaires et géostationnaires d'EUMETSAT, dont la diffusion est prévue pendant la période couverte par la stratégie. Le CEPMMT poursuivra également son étroite collaboration avec l'ESA afin d'évaluer les nouvelles missions satellitaires opérationnelles et de recherche. La plupart des données conventionnelles sont fournies par les Services météorologiques nationaux et comprennent des observations atmosphériques in situ ainsi que des observations de surface.

Ce cadre doit tenir compte des propriétés multi-échelles du système Terre du point de vue de l'efficacité des calculs. Les prévisions européennes à échéance prolongée bénéficieront d'une meilleure représentation des couplages de la surface des terres émergées et des interactions entre la troposphère et la stratosphère. Par ailleurs, les concentrations d'aérosols influencent considérablement le bilan énergétique. En améliorant l'assimilation et la modélisation des aérosols, on contribuera donc à une amélioration des prévisions météorologiques mondiales.

Les réanalyses du système Terre sont des jeux de données de référence, utilisés pour vérifier et étalonner les sorties de modèles de prévision. Elles servent également à déterminer les tendances du climat et constituent un jeu de données de référence pour la recherche mondiale sur l'atmosphère et sur les océans. Le développement d'une capacité de modélisation du système Terre à des fins de prévision a donc un objectif stratégique étroitement lié au développement et à la production de jeux de données de réanalyse.



L'incertitude de la prévision est visible aux panaches qui s'élargissent lorsque la prévision devient plus incertaine. Elle est représentée ici par des exemples de prévisions de température (°C) à 850 hPa (haut), de précipitations totales (mm/ 6 heures) (milieu), et d'altitude géopotentielle à 500 hPa (décamètres) (bas), prévues par le HRES (ligne pointillée épaisse), par la prévision de référence (ligne continue) et par l'ENS (ligne pointillée fine).

Le développement de la réanalyse est également un moyen de tester de nouvelles méthodes d'assimilation de données, à la fois des techniques de développement de modèles du système Terre et des techniques ensemblistes/variacionnelles hybrides.

B Amélioration de la compétence prévisionnelle

La compétence prévisionnelle dépend de l'incertitude des modèles ainsi que de l'incertitude de l'état initial. Les informations fournies par les observations permettent, au moyen de l'assimilation de données, de réduire l'incertitude de l'état initial. Pour prévoir la compétence prévisionnelle, il est nécessaire de quantifier l'ensemble des incertitudes.

Assimilation de données

Pour prévoir précisément l'état du système Terre jusqu'à un an à l'avance, il est indispensable d'utiliser de manière optimale à la fois un modèle et le système mondial d'observation. Ainsi pourra-t-on déterminer les conditions initiales. L'objectif stratégique est de continuer à investir dans le concept hybride de l'assimilation de données, alliant techniques variationnelles et techniques ensemblistes, telles que l'ensemble d'assimilations de données et le filtre de Kalman d'ensemble. Il est capital de commencer par

établir un cadre souple, permettant d'évaluer objectivement les variantes scientifiques et les variantes efficaces en termes de calcul des éléments existants, ainsi que de nouveaux algorithmes d'assimilation de données. Ce cadre doit répondre aux besoins d'une initialisation couplée, en particulier pour les océans, les glaces de mer et les terres émergées, et il doit présenter en même temps une bonne efficacité en termes de calcul grâce à un recours de plus en plus marqué au calcul parallèle. Cette capacité constitue les bases qui permettent d'exploiter les avantages d'une plus grande complexité physique, en particulier pour améliorer la compétence prévisionnelle à échéance prolongée. Une utilisation accrue des observations de l'humidité, des nuages et des précipitations devrait améliorer la représentation du cycle hydrologique. L'utilisation d'observations de la composition atmosphérique, en particulier des aérosols et des gaz à effet de serre, aura un effet positif direct sur les prévisions météorologiques.

Une complexité renforcée implique également de procéder à des recherches pour une utilisation efficace des informations contenues dans les observations réalisées par des instruments satellitaires de pointe comme par exemple les sondeurs hyperspectraux et les instruments actifs et passifs étudiant les nuages, les précipitations, les aérosols, les propriétés des vents et des surfaces pour le sol, la végétation, la neige, les glaces de mer, les lacs et les océans. Ces activités continueront d'être solidement coordonnées avec les agences spatiales et de s'appuyer sur la communauté scientifique.

Estimation de l'incertitude

Estimer l'incertitude d'analyse et de prévision fait partie intégrante du défi que représente l'activité de prévision. Le CEPMMT orientera les recherches vers une intégration totale des analyses et des prévisions d'ensemble, sans discontinuité dans le temps et en matière de résolution, et utilisera une représentation cohérente des incertitudes des modèles. En augmentant la complexité du modèle qui représente le système Terre, on s'attachera davantage à formuler les erreurs de modèle plus proches de l'origine de l'incertitude des processus physiques et de leur évolution sur toutes les échelles spatiales et temporelles. Ceci dépendra de l'ampleur des mises à niveau des outils de diagnostic sur l'assimilation et la modélisation des données, destinés à rechercher systématiquement les sources d'erreur des modèles.

Les erreurs associées aux observations et aux opérateurs des observations seront caractérisés avec des outils de diagnostic qui évaluent les contributions relatives aux incertitudes apportées soit par le modèle soit par les observations compte tenu de l'évolution du système d'observation. Par ailleurs, une meilleure connaissance de la corrélation des erreurs dans l'espace, dans le temps et en tant que fonction de la longueur d'onde électromagnétique, conduira à des formulations dépendant de l'état et à un échantillonnage adaptatif des données dans ces dimensions. Résultat : les informations fournies par les observations seront bien mieux exploitées, à un coût computationnel acceptable.

Prévisibilité

La prévisibilité à échéance prolongée sera un point fort de l'activité de recherche du CEPMMT. L'un des principaux aspects de la recherche consistera à déterminer les facteurs importants, par exemple la variabilité tropicale, contribuant à la qualité des prévisions dans des régions comme l'Europe à échéance mensuelle et saisonnière. L'intégration de composantes du système Terre devrait considérablement améliorer les prévisions à ces échéances. En général, les améliorations de l'état initial et du modèle permettront d'augmenter l'échéance de la compétence prévisionnelle utile. Si l'on comprend mieux comment la compétence prévisionnelle varie en fonction des zones géographiques et de l'état des flux et comme elle est influencée par un couplage du modèle atmosphérique avec des composantes à mémoire de longue durée, telles que les composantes océans et surface des terres émergées, on sera davantage en mesure d'identifier des situations plus prévisibles. Concernant les échéances prolongées, il est difficile de produire le degré adéquat de l'étalement des incertitudes de l'état initial et du modèle dans le système couplé atmosphère-océan-terres émergées, mais des progrès sont attendus dans ce domaine pour améliorer la compétence prévisionnelle. Dans les dix années à venir, la recherche consistera essentiellement à extraire des informations de prévision utiles des modèles du système Terre et en particulier à identifier des situations de flux pouvant être plus prévisibles que les autres.

FOURNITURE DE PRÉVISIONS À L'ÉCHELLE MONDIALE

La fourniture de prévisions météorologiques opérationnelles aux Etats membres et coopérants est l'un des deux grands objectifs du CEPMMT. Le CEPMMT fournira un ensemble intégré d'analyses et de prévisions d'ensemble opérationnelles, décrivant l'éventail de scénarios possibles et leur probabilité d'occurrence, élevant ainsi le niveau international requis de qualité et de fiabilité opérationnelle. En 2016, l'échéance des prévisions météorologiques à moyen terme de qualité utile s'élève à environ une semaine en moyenne. Notre objectif d'ici 2025 est de prévoir des événements météorologiques à fort impact jusqu'à deux semaines à l'avance. Grâce à une approche unifiée, nous envisageons également de prévoir les structures météorologiques à grande échelle et les transitions de régime jusqu'à quatre semaines à l'avance et les anomalies à l'échelle mondiale jusqu'à une année à l'avance.

Les deux grands défis que le CEPMMT aura à relever pour fournir ses prévisions sont les suivants :

A créer un système d'ensemble pleinement intégré ;

B évaluer la qualité des prévisions.

D'une part, relever ces défis permettra au Centre de mieux dissiper les incertitudes de prévision inhérentes à travers une mise en œuvre complète des méthodes d'ensemble dans l'ensemble des composantes du système de prévision. D'autre part, cela permettra de contrôler et améliorer plus facilement la compétence prévisionnelle du Centre à travers la mise en place d'une série de scores probabilistes.



George Doyle/Stockbyte/Thinkstock; Celtic-MomentsPhotography/iStock/Thinkstock; gemphotography/iStock/Thinkstock.

SCORE DE DISCRIMINATION GÉNÉRALISÉ (GENERALIZED DISCRIMINATION SCORE)

Il est possible d'utiliser ce score pour les prévisions d'ensemble. Celui-ci correspond alors à la fréquence avec laquelle les prévisions d'ensemble sont capables de prévoir avec exactitude les différents phénomènes météorologiques. Dans le cas des prévisions 10 jours à l'avance des vitesses extrêmes des vents, nous visons un pourcentage de réussite de 70 % contre 60 % actuellement et un pourcentage de référence de 50 % pour une prévision établie de manière aléatoire. Une augmentation de cette ampleur multiplierait par deux notre degré de compétence par rapport au scénario de référence (hasard). Nous entendons réaliser des progrès similaires dans le domaine des précipitations extrêmes à moyen terme. De la même façon, nous visons un pourcentage de réussite de plus de 70 % pour la prévision des vagues de chaleur et des grands froids à trois semaines, soit une amélioration similaire.

A Ensemble intégré

Afin d'améliorer encore notre capacité de prévision des phénomènes météorologiques à fort impact, nous envisageons d'utiliser un système d'ensemble à haute résolution lui permettant de réaliser des prévisions jusqu'à deux semaines à l'avance. L'objectif ambitieux de cet ensemble, qui sera fonction des progrès scientifiques et des progrès en matière de calcul et de scalabilité, est de parvenir à une résolution horizontale d'environ 5 km d'ici 2025. D'après les Etats membres et coopérants du CEPMMT, il est indispensable d'avoir une résolution élevée pour que le modèle puisse simuler les phénomènes météorologiques qui affectent le plus les populations et les biens et qui se produisent à une échelle de quelques kilomètres ou moins. La haute résolution présente également des avantages déterminants dans la mesure où elle réduit les erreurs de



l'état initial car elle peut assimiler plus précisément tous les types d'observation. Elle augmente aussi la précision des calculs numériques et permet en particulier de mieux décrire les éléments météorologiques de surface. Une approche d'ensemble est donc essentielle compte tenu de l'incertitude de prévision inhérente et de la nécessité d'enregistrer de manière adéquate la probabilité d'occurrence de phénomènes météorologiques extrêmes en raison de leurs conséquences potentiellement catastrophiques. Pour les prévisions à plus longue échéance, les configurations du modèle utilisé pour les prévisions sous-saisonnnières et saisonnières convergeront progressivement pendant la période couverte par la Stratégie.

Les prévisions d'ensemble seront délivrées par un modèle intégré du système Terre, qui assurera une cohérence maximale entre ses différentes composantes pour toutes les échéances. En effet, il est reconnu aujourd'hui que l'impact des composantes du système Terre sur la prévision du temps est très important. En intégrant des éléments de la composition atmosphérique comme les aérosols dans le système de prévision et en établissant par ailleurs des liens plus étroits avec les modèles hydrologiques, on devrait améliorer les prévisions météorologiques.

Au fur et à mesure que le CEPMMT progressera vers un système encore plus intégré, les prévisions se présenteront comme un grand ensemble, intégrant ses différentes composantes dans des conditions optimales. Ces composantes peuvent inclure des membres de l'ensemble présentant un éventail de résolutions et d'initialisations si, en les associant, il s'avère qu'ils apportent une valeur ajoutée. L'utilisation du système d'ensemble sera encouragée en offrant une meilleure formation sur les avantages supplémentaires des prévisions d'ensemble et la richesse d'informations qui peut être tirée des ensembles.

B Evaluation de la qualité des prévisions

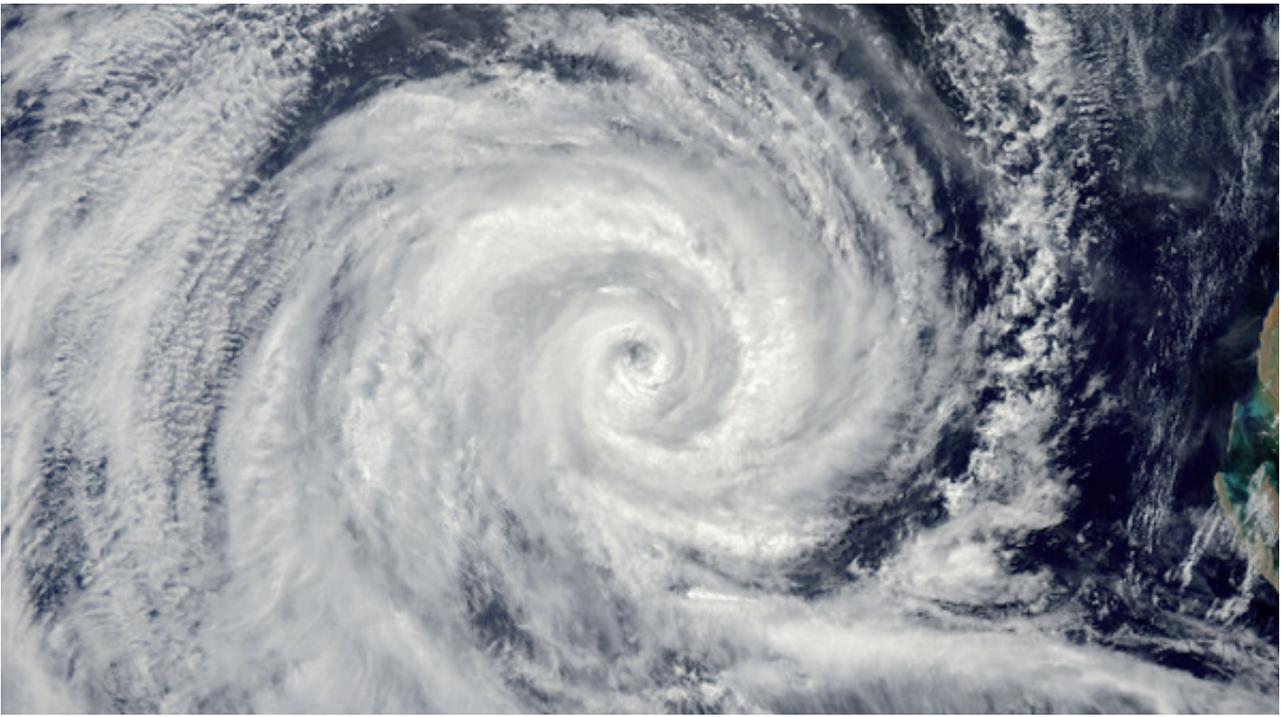
Prévoir un avenir meilleur

Les prévisions de phénomènes météorologiques extrêmes et de transitions de régime sont particulièrement impor-



shellades/istock/Thinkstock

Début février 2014, d'importantes pluies verglaçantes en Slovaquie et en Croatie ont perturbé les transports et ont endommagé de nombreux arbres et lignes électriques. Bien que de tels événements extrêmes soient rares, les pluies et bruines verglaçantes sont néanmoins assez fréquentes pendant les mois d'hiver en Europe et en Amérique du Nord. Les changements dans la physique des nuages et de la précipitation dans le modèle, introduits par un nouveau cycle du modèle lancé par le CEPMMT en mai 2015, ont apporté une amélioration des prévisions de pluies verglaçantes.



tantes pour les Etats membres et coopérants du CEPMMT. Les développements viseront donc à relever les défis liés à leur prévision. L'un des objectifs stratégiques pour les dix années à venir est de fournir des prévisions de vitesses de vents et de précipitations extrêmes, prévisions très utiles pour l'économie et la société, également pour la deuxième semaine de l'échéance, alors qu'elles ne sont fournies aujourd'hui que tout juste une semaine à l'avance. Un autre objectif est de prolonger l'échéance des prévisions de qualité utile de températures extrêmes pendant les vagues de chaleur et les périodes de grand froid, jusqu'à trois semaines à l'avance en moyenne contre deux semaines environ actuellement. Des exemples de prévisions actuelles de ces événements météorologiques sont fournis en pages 12 et 13. La ponctualité et la fiabilité opérationnelle des prévisions sont des éléments essentiels pour les membres du CEPMMT et demeureront une priorité absolue. Avec des prévisions améliorées et fournies en temps utile, les SMN des Etats membres et des Etats coopérants du CEPMMT parviendront à mieux protéger les vies humaines et les biens.

Comprendre les forces et les faiblesses des prévisions

Afin de suivre les progrès accomplis et de prendre les bonnes décisions pour profiter pleinement de la performance des prévisions, on développera et on adoptera une série améliorée de scores probabilistes, comprenant d'éventuels objectifs. De manière générale, les prévisions d'ensemble fourniront des estimations de la probabilité d'occurrence d'événements, répondant aux critères de fiabilité et de finesse. Une prévision est considérée fiable si, compte tenu de toutes les situations passées où une probabilité donnée a été prévue pour un événement spécifique, l'événement s'est effectivement produit avec cette même probabilité. L'une des autres propriétés que nous souhai-

tons voir attribuer aux prévisions d'ensemble est la finesse. Par finesse, nous entendons : précision caractérisée par une réduction au minimum de la largeur de distribution de la probabilité. Le caractère sautillant des prévisions d'un jour à l'autre est lui aussi un domaine d'intérêt en raison des défis d'interprétation qu'il pose aux prévisionnistes.

Des scores mesurant ces aspects seront utilisés pour évaluer la performance des prévisions. Les évolutions scientifiques, notamment les avancées en termes d'assimilation de données, la physique des modèles, l'optimisation du nombre de membres, l'utilisation de prévisions décalées et les augmentations de la résolution, seront évaluées en vue d'une mise en œuvre opérationnelle, sur la base des scores pertinents du système d'ensemble. En mettant au point une série complète de scores probabilistes sur la base de notre expérience et des derniers travaux de recherche de la communauté scientifique, nous pouvons tenter de fournir un certain nombre de buts directement liés à nos objectifs stratégiques. De nouveaux objectifs en matière de scores et de performances seront élaborés en collaboration avec nos Etats membres et coopérants.

Un paramètre important pour l'amélioration des prévisions est l'interaction entre les évolutions scientifiques, les études de diagnostic et les retours exprimés par les membres du CEPMMT. Cette interaction sera renforcée et l'élément de diagnostic dans cette boucle aura un rôle encore plus dominant.

Il sera de plus en plus important de procéder à des réanalyses précises car ces dernières se sont révélées essentielles pour lancer des reprévisions d'événements passés, pour la génération de sorties de prévision (indice de prévision d'événements extrêmes (EFI), ensembles étalonnés) et la vérification des prévisions opérationnelles.

SOUTIEN EN MATIÈRE DE CALCUL HAUTE PERFORMANCE

Pour fournir des résultats de recherche et des prévisions opérationnelles, le Centre a besoin de ressources de calcul haute performance. Le Centre doit relever deux grands défis en ce qui concerne la question des ressources informatiques pour les dix prochaines années, à savoir :

- A** Adaptabilité des codes (*scalability*) : pour une utilisation efficace de la puissance de calcul, les codes de calcul doivent être adaptables ;
- B** fournir une installation de calcul haute performance qui permette de matérialiser les bénéfices de l'innovation scientifique de façon efficace sur le plan énergétique et durable sur le plan environnemental.



Des capacités de calcul haute performance sont un élément clé des travaux du Centre en matière de recherche et de prévisions. Relever le défi de l'adaptabilité des codes est crucial pour une utilisation efficace des futures technologies de calcul et la poursuite de l'amélioration de la compétence des prévisions du Centre.

A Adaptabilité des codes (*scalability*)

Pour une utilisation efficace des technologies futures de calcul de haute performance, la complexité croissante du modèle et les résolutions améliorées doivent être adaptables. L'adaptabilité est donc un point clé des activités du Centre et fait l'objet d'un programme Scalability. Au sein de ce programme, le Centre compte également plusieurs partenaires issus de Services météorologiques nationaux, ainsi que de l'industrie de la technologie du calcul.

L'évolution vers une modélisation du système Terre à haute résolution génère des défis en termes d'adaptabilité et d'opérabilité, lesquels nécessiteront des méthodes scientifiques et des méthodes de calcul fondamentalement nouvelles. Toutes les composantes du processus de prévision nécessitent un code adaptable, des données issues des observations à la modélisation prévisionnelle, en passant par la génération de produits et la diffusion de prévisions aux Etats membres. L'ensemble à haute résolution de future génération représente une tâche de traitement numérique et de calcul beaucoup plus vaste, équivalente à plusieurs fois celle d'aujourd'hui, avec en plus une hausse considérable des volumes de données d'observation attendus. Il convient aujourd'hui de changer radicalement d'orientation et d'adopter une approche intégrée pour les éléments suivants : noyau dynamique, méthodes numériques, matériel informatique et conception des codes. Les progrès scientifiques en termes de PNT et de calcul devront être menés de concert, dans les domaines associant à la fois les algorithmes et la technologie nécessaires à un haut rendement énergétique, ainsi que la précision et la stabilité numériques. Des projets de recherche sur de futures architectures informatiques hétérogènes ont été lancés. Ces projets seront importants car ils permettront d'établir le meilleur modèle possible, compte tenu des contraintes futures en matière de puissance de calcul et de gestion des données.

Le CEPMMT devra utiliser un système de très grande dimension, à un coût abordable, sur les futures architectures informatiques, afin de simplifier le traitement des observations et de fournir la bande passante nécessaire pour diffuser ses produits à un vaste éventail de partenaires, tout ceci avec des contraintes de temps très strictes. Un effort de coordination s'impose au niveau international afin de rassembler des spécialistes de la modélisation du système Terre, des experts en informatique et des inventeurs de matériel. Cette collaboration permettra de développer des bibliothèques numériques communes, de configurer les processus de travail, de gérer la résilience des systèmes et de surveiller leur rendement. Cette approche est par ailleurs l'occasion d'engager des développements communs avec des fournisseurs de matériel et de logiciel, en vue de futurs achats de matériel.

PARTAGE D'EXPERTISE EN VUE D'AMÉLIORER LA SCALABILITÉ DE L'ASSIMILATION DES DONNÉES

Le projet OOPS (Object-Oriented Prediction System) rassemble des Etats participants qui collaborent sur la question de la programmation orientée objet en matière d'assimilation des données. Ce projet vise à améliorer la scalabilité et la flexibilité de l'assimilation de données et à fournir un cadre générique à l'assimilation de données pour toutes les composantes du système Terre (atmosphère, surfaces émergées, océan, vagues, glace de mer), ainsi que des modèles simplifiés pour la recherche. Le projet OOPS rendra possibles de futurs travaux de recherche en vue de trouver de nouveaux algorithmes d'assimilation des données. Une nouvelle structure de code a déjà été élaborée. Par ailleurs, le Centre, Météo-France, ALADIN et HIRLAM collaborent activement à l'adaptation du code IFS à la nouvelle structure. Nous entendons accroître le nombre de partenaires au projet OOPS. Au sein du programme de scalabilité, le Centre compte également plusieurs partenaires issus de Services météorologiques nationaux, ainsi que de l'industrie de la technologie du calcul.

A Calcul haute performance

La fourniture d'un système de calcul haute performance et d'un centre d'archivage de données efficaces, résistants, efficaces et adéquats est indispensable pour pouvoir mettre en œuvre avec succès la stratégie scientifique et opérationnelle du CEPMMT.

La technologie du calcul est la fois un vecteur de sciences et un moteur d'innovation dans le domaine de la recherche. Le secteur du calcul haute performance est en plein essor



Jeff Hui/Stock/Thinkstock



VIABILITÉ ENVIRONNEMENTALE

La viabilité environnementale restera un aspect essentiel dans tous nos domaines de travail.

Les superordinateurs - essentiels dans le domaine de la prévision météorologique numérique - sont très gourmands en énergie. Le Centre étudiera l'utilisation de sources énergétiques écologiquement durables et renouvelables et tentera de minimiser les coûts opérationnels futurs sans compromettre l'efficacité opérationnelle.

Le développement d'une infrastructure à faible consommation d'énergie sera un élément moteur évident au cours des dix prochaines années et sera possible grâce à l'utilisation de systèmes de températures d'entrée et de sortie plus élevées. Le Centre mettra également au point des méthodes permettant l'exploitation de nouveaux paradigmes en matière de prestation de services informatiques, tels que le stockage de données en ligne.

Nous nous efforcerons de minimiser notre impact environnemental en adoptant les meilleurs concepts soutenant des pratiques durables en matière de travail, de missions et d'opérations, ainsi qu'en privilégiant un approvisionnement en énergie durable.

et voit sans cesse apparaître de nouveaux paradigmes, tels que l'utilisation de systèmes accélérés ou l'utilisation de noyaux légers à large bande passante. Le Centre entretiendra par conséquent des liens étroits avec les principaux fournisseurs afin de comprendre et pouvoir bénéficier de leurs feuilles de route technologiques, tout en restant attentif à la mise au point d'éventuelles nouvelles technologies révolutionnaires. La capacité à pouvoir exploiter avec succès de nouvelles architectures de calcul dépendra largement des résultats du programme Scalability.

La question de l'efficacité et de la consommation énergétique est elle aussi étroitement liée à l'utilisation de nouvelles technologies. Les superordinateurs hétérogènes figurent en tête de la liste Green500, qui mesure les performances des systèmes en termes de gigaflops par watt, et cette tendance ne semble pas prête de ralentir. Ainsi, l'exploitation de nouvelles technologies est susceptible de fournir non seulement des ressources informatiques efficaces, mais également des calculs performants.

Outre l'efficacité de ses infrastructures, le Centre continuera de concentrer ses efforts sur l'efficacité et l'efficience de ses processus. Pour cela, il intégrera les meilleures pratiques de l'industrie dans ses opérations. L'objectif du CEPMMT n'est pas de simplement adhérer à des normes, mais de les évaluer de façon approfondie, d'apprendre et de mettre en œuvre les parties qui apportent une réelle valeur ajoutée en termes d'efficience, d'efficacité et de résilience. Le Centre continuera d'étudier la question de la résilience de l'infrastructure de calcul en collaboration avec les Etats membres. Celle-ci consistera notamment à mettre en place de solides procédures de reprise après sinistre et de continuité des activités.

Pour résumer, les objectifs clés en matière de calcul sont les suivants :

- garantie d'un niveau adéquat de ressources de calcul pour pouvoir répondre aux besoins des communautés scientifiques, opérationnelles et des Etats membres ;
- fourniture de ressources de calcul efficaces, efficaces et résilientes, dans le respect des normes de l'industrie, le cas échéant ;
- viabilité environnementale.

APPUI AU CEPMMT

La gestion des ressources financières et des ressources humaines est nécessaire pour soutenir les travaux du CEPMMT en matière de recherche, de prévisions et de calcul. Deux grands défis se posent dans ce domaine :

A **Financement et personnel : gérer les divers flux de financements et attirer et retenir l'expertise dont le Centre a besoin pour atteindre ses objectifs ;**

B **Locaux du CEPMMT : fournir un environnement de travail approprié dans le contexte d'une masse salariale et de besoins en calcul haute performance en évolution.**

Les objectifs du Centre en matière de prévisions et de recherche nécessitent une structure organisationnelle efficace replacée dans le contexte d'une institution intergouvernementale. Au même titre que les installations de calcul haute performance, le personnel constitue l'atout majeur du Centre. Les locaux et le financement sont des points qui doivent être examinés pour garantir le soutien nécessaire.



A Financement et personnel

Une approche de financement diversifiée

Les contributions des Etats membres et coopérants constituent la première source de financement du CEPMMT. Grâce à la position de leader qu'il occupe dans le domaine de la prévision météorologique numérique, le Centre a également accès à d'autres sources de financement qui lui permettent de progresser plus rapidement dans la mise en œuvre de sa stratégie. Ces diverses sources de financement bénéficieront d'une gestion attentive de la part du Centre, de sorte que ces revenus supplémentaires se répercutent sur les contributions des Etats membres et coopérants, tout en minimisant les risques et en veillant à ce que le Centre continue de concentrer ses efforts sur sa mission.

De nombreuses possibilités de financement externe existent dans des domaines pertinents pour la stratégie de recherche globale du Centre. Les consortiums dont fait partie le Centre ont largement contribué à l'octroi de tels financements et le CEPMMT entend poursuivre la collaboration avec les Services météorologiques nationaux des Etats membres et coopérants et d'autres institutions afin de coordonner et de participer à différents groupes de demandes de financements. Ces financements continueront de représenter une part importante, mais non prépondérante, des ressources de recherche du Centre.

La réussite des travaux de recherche à financement externe a engendré de nouvelles possibilités de financement pouvant permettre au Centre de créer des services opérationnels, basés sur ces travaux de recherche, dans le cadre de l'activité de tiers. Un tel financement contribuerait à renforcer l'infrastructure du CEPMMT et permettrait au Centre d'affecter les contributions des Etats membres et coopérants en priorité au développement continu de ses activités de recherche et de production de prévisions météorologiques numériques au profit de ses membres.

Le Centre cherche à répondre aux besoins informatiques de ses Etats membres en matière de recherche et de production de prévisions et envisagera la création de programmes facultatifs supplémentaires susceptibles de répondre aux besoins identifiés par bon nombre, mais pas la totalité, des Etats membres.

Le Centre travaillera en étroite collaboration avec ses Etats membres et coopérants en vue d'élaborer des stratégies efficaces de financement de projets importants, tels que le développement continu de la capacité du calcul haute performance et le projet relatif aux futurs locaux, en tenant compte des problèmes financiers auxquels certains Etats membres et coopérants sont confrontés dans le contexte économique actuel.

Attirer les meilleurs talents

Le personnel est la ressource la plus importante du Centre. Le Centre vise à attirer, retenir et motiver le personnel dont il a besoin pour mettre en œuvre sa stratégie et conserver sa position de leader mondial dans le domaine de la prévision météorologique numérique à moyen terme. Le CEPMMT dispose d'un personnel de qualité et entend continuer à attirer les meilleurs candidats grâce à sa réputation de leader mondial dans le domaine de la recherche en matière de prévision météorologique numérique et la

production de prévisions. L'intensification de la concurrence visant à attirer les meilleurs talents et le contexte économique actuel obligent le CEPMMT à adopter des politiques de recrutement, de rémunération, de conditions de travail et de gestion modernes, pertinentes et capables de soutenir la mise en œuvre de la stratégie du Centre.

Le Centre travaillera en étroite collaboration avec ses Etats membres et coopérants et les organisations clés, telles que les Services météorologiques nationaux et les universités, afin de promouvoir la libre circulation des talents au sein de la communauté météorologique européenne. De tels échanges permettent au Centre de bénéficier d'une expertise et de compétences renouvelées à intervalles réguliers, tout en donnant la possibilité aux agents de continuer à développer leurs compétences à travers une plateforme unique de collaboration internationale. Afin de veiller à la continuité, le CEPMMT proposera des contrats prolongés afin de retenir certaines compétences clés nécessaires sur le long terme.

Par ailleurs, le Centre entend poursuivre son programme de chaire en proposant à d'éminents chercheurs scientifiques et experts en calcul de rejoindre le CEPMMT dans le cadre de ce programme. Les titulaires de chaire, dont le mandat est honorifique, travaillent avec le CEPMMT sur des questions essentielles qui intéressent à la fois le Centre et les titulaires, favorisant une plus large collaboration avec la communauté internationale.

Les politiques du Centre seront révisées selon le règlement des Organisations coordonnées afin d'offrir les meilleures conditions possibles aux nouveaux agents et à leurs familles. Ces politiques seront élaborées pour soutenir les évolutions de carrière des agents, pendant et après leur période d'emploi au Centre, et favoriser un environnement dans lequel les agents motivés peuvent travailler ensemble selon des valeurs partagées et en vue d'atteindre des objectifs communs clairement définis et alignés sur les objectifs généraux du Centre.

B Locaux du CEPMMT

Le Centre entend se doter de locaux adaptés pouvant accueillir son personnel et son infrastructure de calcul. Nos locaux devront répondre aux besoins prévus du CEPMMT jusqu'à 2040 et offrir un certain degré de souplesse afin de tenir compte du niveau d'incertitude relatif à la croissance de l'organisation, des effectifs et de l'infrastructure HPC. Les futures dépenses d'exploitation et le coût global de durée de vie du projet encourus par le(s) bâtiment(s) devront être réduits au maximum. Le(s) bâtiment(s) devront pouvoir accueillir une infrastructure informatique et de communication conséquente assortie d'une résilience intégrée et assurer la sécurité et la sûreté des occupants. Le Centre s'efforcera de minimiser son impact environnemental en adoptant les meilleurs concepts soutenant des pratiques durables en matière de travail, de missions et d'opérations, ainsi qu'en privilégiant un approvisionnement en énergie durable. Le Centre utilise sa proximité avec d'autres organisations scientifiques pour renforcer la coopération et la coopération, ce qui reflète et met en valeur la culture de travail scientifique et technique et la philosophie du Centre et lui permet d'attirer et de retenir un personnel international hautement qualifié, qui constitue la clé de son succès.

SERVICES AUX ETATS MEMBRES ET COOPÉRANTS

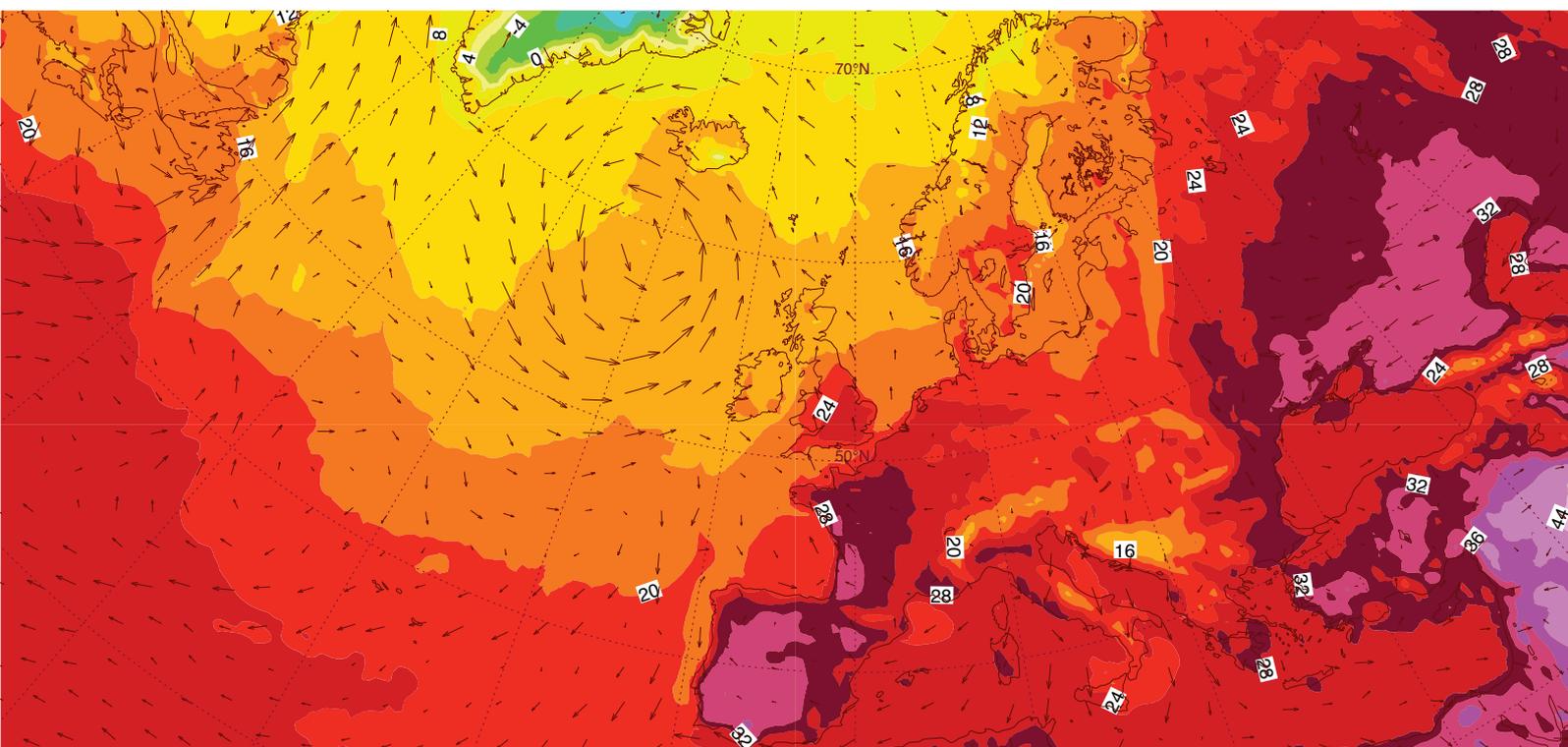
Le Centre s'est donné pour mission centrale de fournir à ses Etats membres et coopérants des prévisions météorologiques à moyenne et longue échéance de pointe et de donner la possibilité aux Services météorologiques d'adapter ces prévisions à leurs utilisateurs finaux. Le Centre propose les services suivants :

A Partage des résultats et de l'expertise avec les Etats membres et coopérants ;

B diffusion d'informations environnementales pertinentes et fiables.

Les services fournis par le Centre doivent l'être de manière efficace et opportune. Outre les prévisions météorologiques à moyen terme, le Centre est également chargé de mettre à disposition des bases de données météorologiques, des infrastructures de calcul, des formations et des capacités d'informations environnementales.

Une des cartes de prévision opérationnelle du CEPMMT, indiquant la température à 2 mètres (couleurs), et le vent à une altitude de 30 mètres.



A Partage des résultats et de l'expertise avec les Etats membres et coopérants

Sorties de prévision

En collaborant étroitement avec les Etats membres et les Etats coopérants, le CEPMMT établira des sorties de prévision répondant aux besoins des utilisateurs. Ces produits tiendront compte de la nécessité de plus en plus pressante d'obtenir des informations condensées provenant de prévisions d'ensemble, accompagnées d'actions de communication et de formations. Les prévisions probabilistes du Centre demeureront générales comme la valeur médiane, la moyenne et l'étalement de l'ensemble, les percentiles, les scénarios représentant des grappes de régimes météorologiques à grande échelle et des transitions de régimes, les anomalies et les éléments indiquant des phénomènes météorologiques extrêmes comme l'indice EFI (*Extreme Forecast Index*). Le Centre aidera également les Services météorologiques nationaux de ses Etats membres et coopérants à développer des produits plus spécifiques, adaptés aux utilisateurs. Il est envisagé de leur proposer un calcul des volumes spécifiques les concernant, à partir des prévisions d'ensemble réalisés au Centre. Cela permettra d'utiliser plus efficacement les ressources et de réduire le volume de données à transférer. Au niveau mondial, le CEPMMT continuera à soutenir les programmes et les groupes de travail de l'OMM et à bénéficier de leurs travaux dans de nombreux domaines d'intérêt mutuel. Le Centre saisira également les opportunités qui lui seront offertes d'établir des relations avec d'autres organismes internationaux. Il soutiendra aussi la formation et le renforcement des capacités à cet effet dans les Etats membres de l'OMM.

Le CEPMMT améliorera également la capacité de prévision des Etats membres en fournissant des conditions initiales et des conditions aux limites adaptées à des modèles à domaine limité dans le cadre d'un programme facultatif destiné aux Etats membres qui ont en besoin. Ces modèles, exploités par d'autres organisations, produisent des prévisions à résolution plus fine et utilisent d'autres observations à échelle fine.

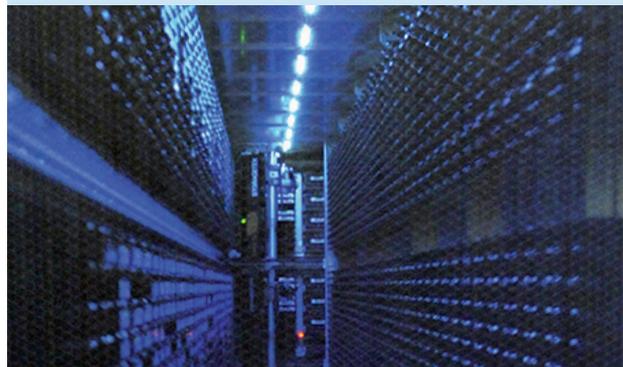
L'échéance mensuelle est de plus en plus importante pour les utilisateurs du CEPMMT. Même si nous ne pouvons pas envisager de prévoir le temps exact d'une journée, 30 ou 60 jours à l'avance, une approche d'ensemble peut identifier des situations de flux plus prévisibles que d'autres. Un post-traitement approprié dans le temps et dans l'espace séparera le signal prévisible du bruit provenant de composantes à petite échelle et haute fréquence, moins prévisibles.

L'étalement permettra de réaliser l'objectif consistant à corriger et à combiner de manière optimale différents produits. Le CEPMMT se rapprochera de son ambition, qui consiste à fournir des sorties de prévision sans discontinuité à toutes les échéances, et poursuivra les développements engagés en matière d'étalement sur la grille du modèle en utilisant des révisions et d'autres méthodes.

FOURNITURE DE BASES DE DONNÉES COLLABORATIVES

L'archive TIGGE est gérée par le CEPMMT pour le compte de l'OMM. Elle rassemble les prévisions passées d'un certain nombre de centres aux fins de la recherche dans les Etats membres, y compris les Services météorologiques nationaux et les instituts universitaires. L'accès à l'archive TIGGE permet au Centre et aux Etats membres et coopérants d'évaluer leurs systèmes de prévision par rapport à des systèmes indépendants et de mener des études de cas comparatives afin de mieux comprendre les problèmes de performances liés à certains événements à fort impact spécifiques. Grâce à l'archive TIGGE, les membres peuvent explorer la calibration statistique des prévisions d'ensemble et les avantages potentiels des prévisions d'ensemble multi-modèles.

Dans le cadre d'EUROSIP, le Centre collabore avec Météo-France, le Met office et le NCEP en ce qui concerne l'échange de données prévisionnelles saisonnières et la fourniture de produits multi-modèles dans un cadre opérationnel. Les données collectées sont également une ressource précieuse pour la recherche et le développement. Il existe un intérêt croissant de la part des grands producteurs en Europe et hors Europe visant à rejoindre EUROSIP.



En Europe, les données ouvertes sont considérées comme un élément fondamental pour l'accroissement de la prospérité des citoyens, et de solides initiatives ont été engagées par le secteur public pour intégrer une politique de données ouvertes (directives ISP et INSPIRE) dans le droit national. Le CEPMMT travaillera en étroite collaboration avec ses Etats membres et coopérants afin d'élaborer des politiques prenant en compte ces initiatives. Notre but est de suivre les orientations définies dans la déclaration d'Oslo sur la politique des données à un rythme conforme à celui de nos Etats membres et coopérants et de veiller à ce que de tels changements soient adéquatement communiqués aux utilisateurs. Certaines questions clés auront une incidence sur la fourniture de données et les futures sources de financement provenant des ventes de données, telles que la ponctualité et la performance, la résolution spatiale et temporelle, et d'importantes augmentations des volumes de données. Il est très probable qu'à l'avenir les données puissent être téléchargées gratuitement à travers des systèmes accessibles au public. Le CEPMMT envisage égale-

COOPÉRATION EN MATIÈRE DE MODÈLES RÉGIONAUX

Les relations que le Centre entretient avec les Etats membres et coopérants peuvent prendre diverses formes et se concrétiser à travers différentes plateformes. Le partenariat entre le CEPMMT, Météo-France et les consortia ALADIN et HIRLAM permet aux participants d'utiliser le modèle général du Centre pour mettre au point leurs modèles régionaux. Le Centre et les autres groupes travaillent ensemble au développement de codes partagés qui pourraient contribuer, à terme, à améliorer le modèle du CEPMMT au profit de l'ensemble de ses Etats membres et coopérants. L'intégration d'un modèle de lacs dans l'IFS, initialement développé pour le modèle ICON par le Service météorologique allemand (DWD), et le développement de logiciels ODB en partenariat avec le Service météorologique britannique (Met Office) font également figure d'exemple de coopération dans le domaine des codes de modélisation.

ment de mettre à disposition des infrastructures de calcul et des services de fourniture plus fiables, mieux soutenus et plus personnalisables, dont le financement sera assuré par les utilisateurs.

Archives de données, installations de calculs et logiciels

Le Centre continuera de fournir à sa communauté des services d'archivage de données météorologiques et de calcul grâce à l'infrastructure de calcul et de réseau qu'il a construite au cours des dernières années et qui constitue aujourd'hui une ressource unique à l'échelle européenne qu'aucun pays ne serait en mesure de produire seul. Les installations informatiques du Centre consacrées au calcul haute performance et à l'archivage de données dans le domaine de la météorologie sont parmi les plus impor-

tantes au monde. Les archives de données météorologiques du CEPMMT représentent la plus vaste collection de données de ce type et contiennent de nombreuses données d'observations mondiales et de données produites par le modèle, qui sont uniques au monde. Elles représentent donc pour les Etats membres et coopérants, ainsi que pour l'ensemble de la communauté internationale, une ressource unique qui sera complétée par le centre de données climatiques (*Climate Data Store*) de Copernicus. Le CEPMMT soutiendra également des campagnes d'observation sur le terrain en matière de recherche, en fournissant des données de prévision en temps réel utiles au bon déroulement de la campagne. Les volumes de données augmentant plus rapidement que les capacités de transfert de données, le calcul s'effectuant sur le lieu de stockage des données (*close-to-the-data computing*), et de façon plus générale le calcul sur demande, va former une part croissante des prévisions.

Un quart de la capacité de calcul haute performance au CEPMMT est consacré aux besoins spécifiques des Etats membres et concerne des tâches telles que la production de prévisions météorologiques régionales. La possibilité d'accroître la capacité de calcul haute performance réservée aux Etats membres fera l'objet d'une étude et pourra se faire à travers le mécanisme de programme facultatif. Par ailleurs, le CEPMMT, certains Etats membres et d'autres organisations travailleront ensemble au développement d'un logiciel de soutien spécialisé et d'applications connexes en vue d'en augmenter la rentabilité. Tous les logiciels sauf l'IFS seront disponibles sous licence ouverte et des contributions externes seront encouragées, ainsi permettant au CEPMMT d'utiliser à fond les développements dans la communauté.

Formation

La formation est une composante essentielle de la mission du CEPMMT et fait donc partie intégrante de la présente stratégie. La formation en matière de prévision météorologique numérique, d'utilisation des prévisions et de systèmes et technologies de calcul alimente la base de connaissances de la communauté météorologique en Europe. En outre,

Participants au Séminaire annuel 2015.



APPUI AUX ETATS MEMBRES ET COOPÉRANTS

Le Centre fournit un appui à ses membres en organisant des formations de façon régulière, ainsi qu'en leur fournissant un service global d'assistance opérationnelle accessible 24/24 et 7/7. La rencontre annuelle « Using ECMWF's Forecasts » (UEF) permet aux membres de formuler leurs remarques et permet au Centre d'informer les utilisateurs des dernières évolutions en matière de système de prévision. Ces forums permettent d'aborder certains défis, tels que la transition vers des prévisions probabilistes, et invitent les participants à partager leur propre expertise au profit de tous.



elle permet au Centre d'élargir son potentiel de recrutement dans l'ensemble des Etats membres. La formation encourage également un large éventail d'utilisateurs du CEPMMT à utiliser les produits de prévision du Centre. La stratégie en matière de formation tiendra compte des autres initiatives de formation offertes en Europe et ailleurs afin de se concentrer sur les connaissances uniques susceptibles d'être transmises par le Centre. Outre les formations en « face-à-face » organisées dans le cadre de sessions spécifiques au CEPMMT, le Centre se penchera sur la question

de l'élaboration de divers modes de formation, tels que l'« e-learning » et d'autres formes d'apprentissage à distance. Ces expériences de formation élargies permettront aux Etats membres et coopérants d'offrir davantage de formations à leurs agents, tout en en assurant leur rentabilité. En outre, les fonctionnaires des Etats membres et coopérants ont la possibilité d'être détachés auprès du CEPMMT pour acquérir de nouvelles compétences et recevoir une formation pratique portant sur de nouvelles techniques. L'initiative OpenIFS est un mécanisme qui permet aux universités d'intégrer dans leurs cursus destinés aux générations futures de chercheurs une expérience pratique avec un modèle mondial de prévision météorologique numérique.

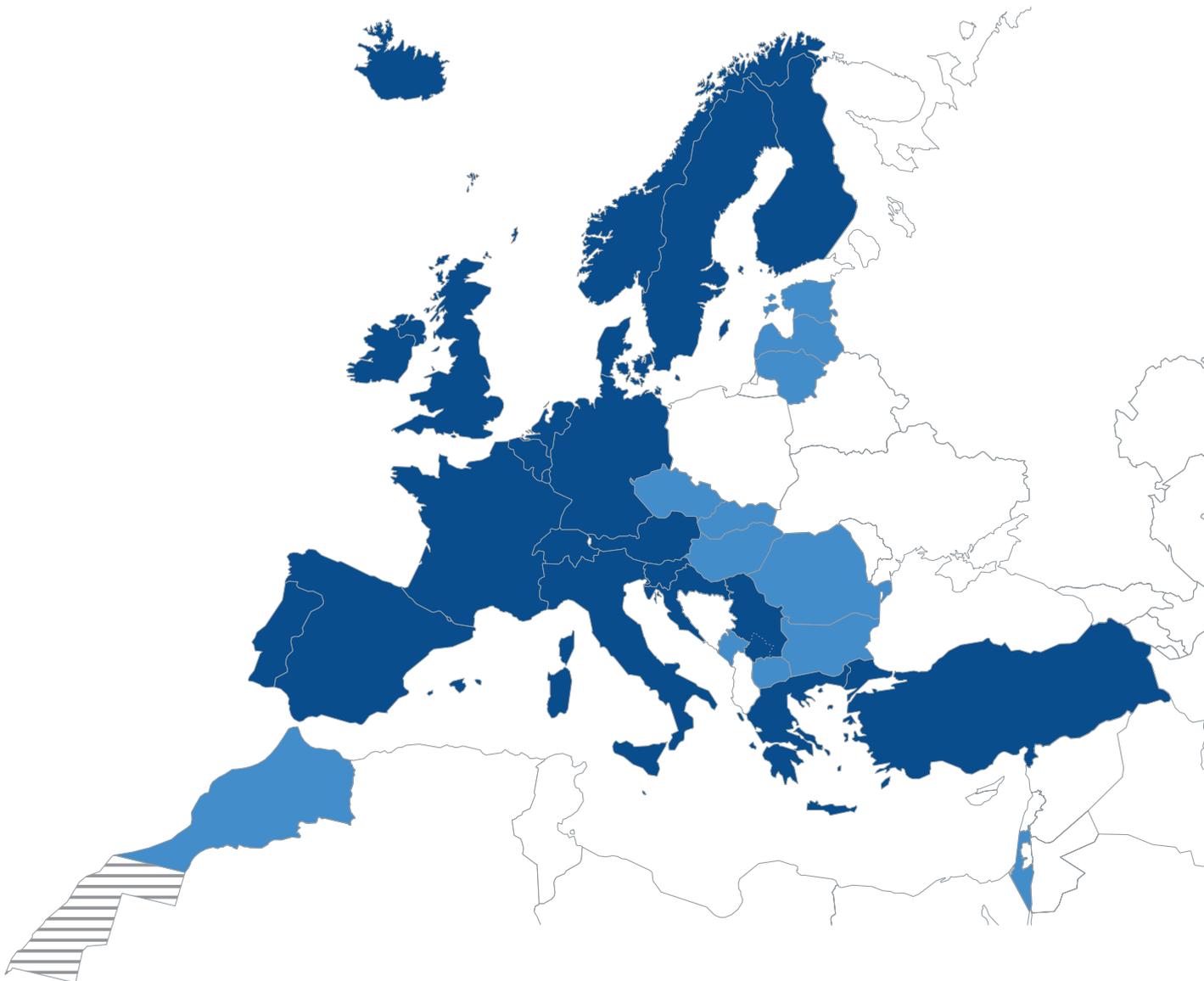
B Informations environnementales

Alors que les modèles globaux de prévision météorologique, tels que l'IFS, évoluent en modèles du système Terre plus complets, il devient possible d'analyser et de prévoir de nombreux autres aspects de l'environnement naturel que les conditions météorologiques à proprement parler. Ce type d'informations environnementales fait l'objet d'une véritable demande de la part des décideurs politiques, des entreprises et des citoyens dans toute l'Europe. Dans le cadre du programme Copernicus, qui illustre très bien ce phénomène, le Centre s'est vu confier l'exploitation des services de surveillance de l'atmosphère et du changement climatique, financés par l'Union européenne en tant qu'activités de tiers. Le CEPMMT exploite également le centre informatique d'EFAS (*European Flood Awareness System*), qui fait partie du service de gestion des urgences de Copernicus. Ces activités opérationnelles accroissent la valeur ajoutée du Centre aux yeux des citoyens européens. Les résultats de ces programmes permettent aux citoyens européens de disposer d'informations de qualité fiables sur le changement climatique, la qualité de l'air, la pollution atmosphérique et les inondations. Ces informations environnementales étant issues du même cadre de modélisation et d'observation que celui utilisé pour les prévisions météorologiques, elles ne détournent pas le CEPMMT de son principal centre d'intérêt, la météorologie, et sont tout à fait cohérentes avec les aspirations inscrites dans la Convention du Centre et sa mission.

CONCLUSION

Pour relever les défis qui se présenteront à lui au cours des dix prochaines années, le Centre devra nouer de solides partenariats avec les citoyens, les institutions et les gouvernements. Il y parviendra en renforçant la collaboration existante avec ses Etats membres et coopérants, en maintenant une forte présence dans les organisations et réseaux européens et mondiaux et en restant ouvert aux nouvelles opportunités.

Le CEPMMT constitue le point de convergence des objectifs météorologiques de ses Etats membres et coopérants. Son rôle est de s'engager là où aucun pays ne peut se rendre seul. Sa mission est de compléter et étoffer les capacités nationales, de répondre aux différents besoins de ses membres et de produire les meilleures prévisions météorologiques numériques mondiales pouvant être obtenues sous l'impulsion de 34 nations partageant un objectif commun.





National Hydrometeorological Service Republic of Macedonia	Ancienne République yougoslave de Macédoine	
National Institute of Meteorology and Hydrology	Bulgarie	
Estonian Environment Agency	Estonie	
Hungarian Meteorological Service (OMSZ)	Hongrie	
Israel Meteorological Service	Israël	
Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre	Lettonie	
Lithuanian Hydrometeorological Service	Lituanie	
Météorologie Nationale, Royaume du Maroc	Maroc	
Institute of Hydrometeorology and Seismology of Montenegro (IHMS)	Monténégro	
Slovak Hydrometeorological Institute (SHMÚ)	République slovaque	
Czech Hydrometeorological Institute (CHMI)	République tchèque	
National Meteorological Administration	Roumanie	

Etats cooperants (janvier 2016)



ECMWF, Shinfield Road, Reading RG2 9AX, UK
Tel: +44 118 949 9000

www.ecmwf.int

