METEO FRANCE

Rapport annuel

Édito

2016 a vu l'élaboration et la finalisation d'un nouveau Contrat d'objectifs et de performance entre Météo-France et l'État pour la période 2017-2021.

Pour cela, nous nous sommes appuyés sur le bilan des cinq années écoulées qui ont vu des progrès et des succès très importants, depuis le déploiement de systèmes d'observation modernisés jusqu'à la mise en place de services et de partenariats très opérationnels, en passant par de nouveaux modèles de prévision ou des dispositifs innovants de communication vers tous les publics.

Je tiens à remercier particulièrement tous les personnels de Météo-France auxquels il est beaucoup demandé, dans un contexte contraint. Toutes et tous œuvrent quotidiennement à accomplir leur mission avec professionnalisme et conviction.

Notre chemin est encore jalonné de défis immenses au plan national comme international. Notre engagement à accompagner la population et l'économie, dans un contexte de météo-climato-sensibilité de plus en plus prégnant, ne fait aucun doute.

Nous serons ainsi fiers, année après année, de pouvoir démontrer la valeur de notre contribution à ces attentes, pour la plus grande satisfaction de tous, citoyens, pouvoirs publics et entreprises.

Jean-Marc Lacave
Président-directeur général

Sommaire

Introduction 05

Météo-France en bref 06

L'année météo 10

1

Des services adaptés aux besoins de chacun 13

1.1
Informer et sensibiliser les citoyens 15

La sphère digitale pleinement investie 16

Mettre la connaissance à la portée de tous et développer la culture du risque 18

1.2
Aux côtés des pouvoirs publics 21

Prévention et gestion des risques météorologiques 22

Politiques d'adaptation au changement climatique 24

Soutenir les armées 28

1.3
Innover pour le secteur aéronautique 29

1.4
Des services météorologiques et climatiques dédiés aux entreprises 33

Une stratégie de partenariats renforcée 35

Intégrer la dimension climatique dans le pilotage économique 37

Assistances sportives : développement à l'international 40

Filiales : évolution des participations 41

2

L'innovation scientifique et technologique au cœur de notre activité 43

2.1
Des prévisions météorologiques toujours plus performantes 45

Plusieurs nouveautés dans la chaîne de prévision 46

Mieux comprendre et prévoir les phénomènes à fort enjeu 50

Quantifier les incertitudes associées aux prévisions : un enjeu pour demain 54

2.2
Climat : exploiter les données du passé pour anticiper les changements à venir 57

2.3
Des infrastructures et outils à la pointe 63

3

Une pleine intégration internationale 71

4

Un établissement en mouvement 77

Gestion administrative et financière 80

Ressources humaines 83

Un système de management de la qualité simplifié 85

Éco-responsabilité : vers une déclinaison du plan ministériel administration exemplaire 86

Annexes 87

Glossaire 88

Organigramme 90

Conseil d'administration 92

Comité scientifique 94

Introduction

Météo-France
en bref

Nos activités

Météo

Prévoir la météo de demain et jusqu'à 10 jours, anticiper les phénomènes dangereux.

Climat

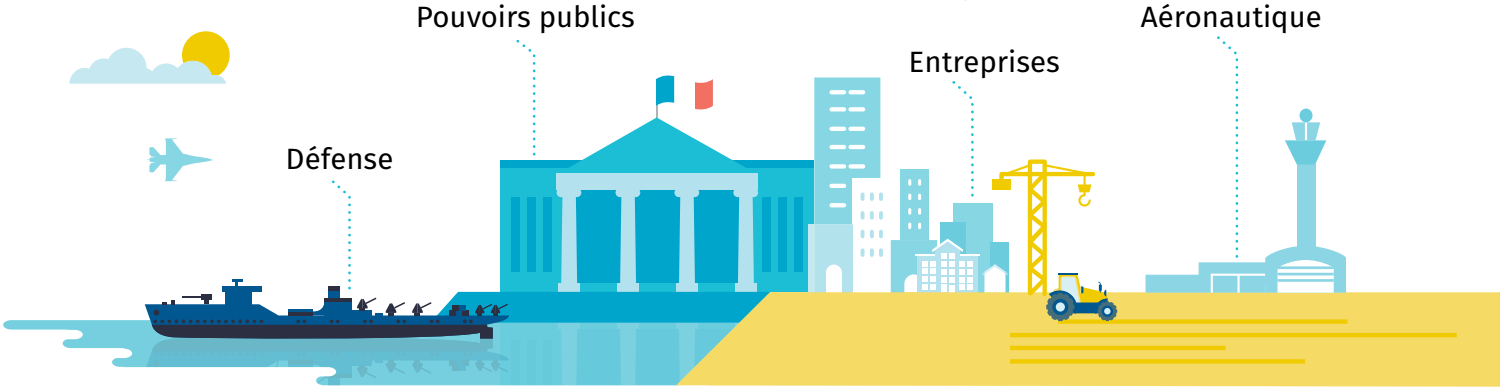
Analyser le climat passé et simuler le climat futur.

Services

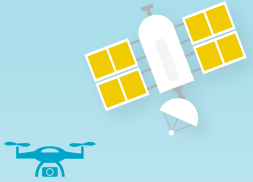
Concevoir et développer des services adaptés aux besoins de chacun.

Pour qui ?

Citoyens



Comment ?



Moyens et réseaux

Nous utilisons les technologies les plus innovantes : satellites, drones, radars, supercalculateurs...

Veille 24/24

Nous observons en permanence l'atmosphère, le manteau neigeux et l'océan superficiel.

Recherche et expertise

Nous développons des modèles numériques et menons des recherches sur les phénomènes météorologiques, le changement climatique, notamment dans le cadre du GIEC...

Formation

Nous préparons les futurs spécialistes de la météo et du climat, en France et dans le monde.

Pour quoi ?

Accompagner

Nous conseillons au quotidien nos clients pour faire face aux aléas météorologiques et climatiques.

S'adapter

Nous contribuons aux politiques d'adaptation au changement climatique.

Avertir

Nous diffusons des avertissements via le dispositif de Vigilance météorologique pour que chacun anticipe et se protège.

Gérer les risques

Nous apportons notre appui à la gestion des risques naturels, sanitaires et technologiques : inondation, sécheresse, qualité de l'air, pollution chimique...

À l'international

Responsabilités internationales

Veille cyclonique

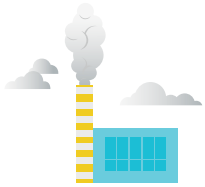
dans la zone sud-ouest de l'océan Indien

Sécurité en mer

Production de bulletins pour le Système mondial de détresse et de sécurité en mer

Surveillance des nuages de cendre volcanique

sur l'Europe continentale, l'Afrique, le Moyen-Orient et l'ouest de l'Asie jusqu'à l'Inde



Suivi de dispersion atmosphérique de polluants

en tant que Centre météorologique régional spécialisé

Météo-France est actif au sein de différentes instances

OMM

Organisation météorologique mondiale

CEPMMT

Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme

EUMETSAT

Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques

EUMETNET

Groupement d'intérêt économique qui rassemble les services météorologiques européens

Chiffres-clefs
2016

3 124 agents

379 M€ *
de budget

*voté au budget initial

120 articles

publiés dans des revues scientifiques à comité de lecture

Plus de
2 000 expertises

dans le cadre du dispositif Catastrophes naturelles (CatNat)

780 activations

du modèle MOTHY pour des opérations de recherche/sauvetage en mer et suite à des épisodes de pollution

Établissement public à caractère administratif (EPA) depuis 1993, Météo-France est placé sous la tutelle du ministre chargé des transports.

70 épisodes de vigilance

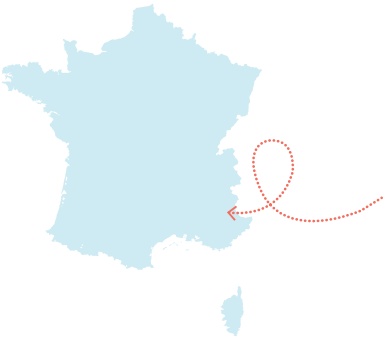
météorologique orange ou rouge

Près de
15 M d'heures de calcul

consacrées à la modélisation du climat futur

L'année météo
en métropole...

Bilan climatique



10e
année
la plus chaude
depuis 1900

Température moyenne
supérieure de 0,5 °C
à la normale*

Cumul moyen
de précipitations :
proche de la normale*

Ensoleillement
conforme à la normale**
sur l'ensemble du pays

Août et décembre
les plus secs
sur la période 1959-2016

Pluies exceptionnelles,
crues et inondations
dans le nord de la France
25 mai - 6 juin

Vague de chaleur
particulièrement
tardive
23 - 27 août

2 épisodes pluvio-orageux
de forte intensité en Corse
fin d'année

Chaleur record
1 - 15 septembre

** 1981-2010 ** 1991-2010*

Vigilance météorologique
Chiffres-clés

103
jours de vigilance
orange ou rouge :
juste au-dessus
de la moyenne annuelle

70
épisodes orange ou rouge
(3 de niveau rouge)
2016 est au 2e rang après 2013
pour le nombre d'épisodes

Orage et vent violent :
records d'occurrence annuel
(respectivement
21 et 14 épisodes)

14%
de fausses alarmes
à l'échelle départementale

4%
de non-détection
à l'échelle départementale

82%
de taux d'anticipation
≥ 3 heures
à l'échelle départementale

92%
des Français
déclarent connaître
la carte de vigilance
(Crédoc - juin 2016)

… et outre-mer

Antilles-Guyane

80
épisodes de vigilance
Nombre sensiblement supérieur aux années précédentes

Saison cyclonique plus active
que la normale sur les bassins Atlantique-Nord :

16
phénomènes cycloniques
dont 15 nommés (normale autour de 12) et 3 au stade d'ouragan majeur (*Gaston, Matthew, Nicole*)

Seul l'ouragan *Matthew* (catégorie 5) a traversé l'arc antillais
28 - 29 septembre

Guadeloupe
Année la plus chaude sur les Îles du Nord,
à égalité avec 2015

Guyane
Année la plus chaude
depuis le début des mesures en 1955

Saison sèche
extrêmement sévère
septembre - novembre

Mayotte et la Réunion

Mayotte
Vigilance forte pluie
fin janvier

La Réunion
Vigilance forte pluie
fin décembre

Déficit pluviométrique marqué
au second semestre sur les deux îles

Nouvelle-Calédonie

Épisode pluvio-orageux
très violent sur les communes du centre de la Grande Terre :
5e épisode le plus intense jamais observé sur une durée de 6 heures (jusqu'à 350 mm mesurés en 6 heures)
21 - 22 novembre

Saint-Pierre-et-Miquelon

Vigilance forte pluie et orage
du fait d'une dépression alimentée par l'ex-cyclone *Matthew*
10 - 11 octobre

Vigilance vents violents et mer dangereuse
au passage d'une forte dépression en provenance de la Nouvelle-Écosse
16 - 17 décembre

Polynésie française

Année relativement calme du point de vue cyclonique
(1 seule dépression – nommée *Yalo* – sur le Territoire)

Nombre de vigilances orange plutôt dans la moyenne mais répartition plus contrastée qu'habituellement entre saison chaude et saison fraîche

20 jours de vigilance orange du fait d'épisodes à répétition de pluies abondantes et de vents forts sur la Société, l'Ouest Tuamotu et les Australes, et notamment Tahiti
février

Des services adaptés aux besoins de chacun

1

Proposer des services adaptés aux besoins de ses utilisateurs – citoyens, pouvoirs publics, secteur aéronautique, entreprises – est l'une des raisons d'être de Météo-France. Il s'agit de permettre à chacun de se protéger et d'anticiper les phénomènes météorologiques et climatiques et leurs impacts. Cela nécessite de la part de l'établisement un esprit d'écoute, d'ouverture, de réactivité et d'innovation.

Dans cette logique, Météo-France oriente le développement de ses services et de ses investissements de façon à maximiser les bénéfices socioéconomiques que la collectivité peut en retirer.

Le développement du numérique, des nouvelles technologies d'acquisition de données, de stockage et de diffusion de l'information permettent aujourd'hui d'augmenter significativement la gamme des services à forte valeur ajoutée que Météo-France est en mesure de proposer et de mieux prendre en compte la situation particulière et les enjeux de chacun.

1.1 Informer et sensibiliser les citoyens

La sphère digitale pleinement investie

p.16

Mettre la connaissance à la portée de tous et développer la culture du risque

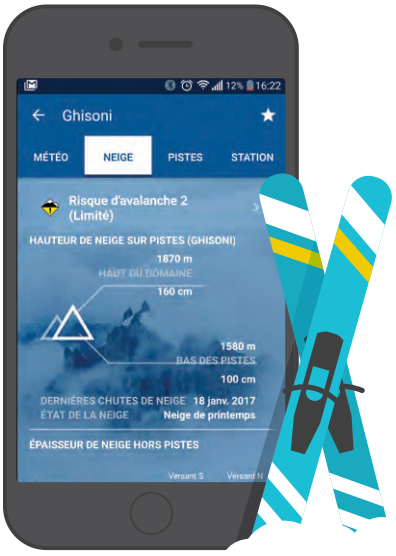
p.18

La sphère digitale pleinement investie

Une offre mobile variée

Météo-France s'attache à multiplier les espaces de dialogue avec ses publics. À ce titre, l'établissement a pleinement investi la sphère digitale, que ce soit pour la diffusion des connaissances, de ses prévisions ou de l'information vers les populations en cas de phénomènes météorologiques dangereux. Il s'agit de s'adapter aux nouveaux usages, au premier rang desquels la mobilité.

L'établissement propose différents services d'accès à ses prévisions. Outre son site Internet, Météo-France a développé une offre mobile variée. En 2016, une application gratuite destinée aux pratiquants de la montagne a été lancée. Disponible sur iOS et Android, elle couvre les stations en France et en Andorre. Cette application donne accès en temps réel à plusieurs informations durant la saison hivernale : niveau de risque d'avalanches sur le massif concerné et dernier bulletin de prévision du risque d'avalanches, hauteurs de neige sur piste en haut et en bas des stations et état de la neige, prévisions météorologiques sur la station, état d'ouverture des pistes... Depuis cette année, l'application généraliste dédiée aux prévisions météorologiques est désormais consultable sur les montres Android et iOS. L'utilisateur peut désormais accéder rapidement sur sa montre aux informations qui concernent ses quatre villes favorites.



L'application « Météo Ski ».
© Météo-France

Montre connectée.
© Météo-France

Plus de
586,5 M
de visites sur le portail Internet

507 M
de visites sur les applications et sites mobiles (dont 84 millions pour les widgets).

Avertir en cas de risque

Le canal digital constitue également un axe de développement prioritaire pour l'information des populations en cas de risques météorologiques.

Depuis le 18 août, Météo-France diffuse ainsi, sur son application mobile, des notifications de risque d'inondation à l'échelle de la commune. Ces informations sont complémentaires des notifications de vigilance d'échelle départementale qui anticipent l'événement jusqu'à 24 heures à l'avance. Elles tiennent compte de l'intensité du phénomène observé et de la vulnérabilité de la commune, et sont accompagnées de conseils de comportement.
Les 36 000 communes de France sont couvertes par ce service. Météo-France a souhaité mettre en place cette évolution suite à l'épisode de pluies intenses du 3 octobre 2015 dans les Alpes-Maritimes. Celui-ci avait en effet mis en évidence un besoin d'information supplémentaire en temps réel des citoyens sur le risque inondation, notamment en cas de phénomène soudain et intense.

Une autre innovation pour l'information de sécurité est disponible sur l'application mobile Météo-France : la diffusion automatique vers les mobinautes utilisateurs de l'application d'un message en cas de vigilance rouge dans le département qui les concerne.

En parallèle, l'établissement mène une politique active sur les réseaux sociaux.
Son compte Twitter a franchi, fin 2016, la barre des 50 000 abonnés, le positionnant en France parmi les premiers comptes dédiés à la météorologie et au climat. L'établissement a par ailleurs fait le choix d'investir trois autres réseaux pour renforcer encore le dialogue avec ses publics : Facebook, Instagram et Snapchat.

Plus de
50 000
abonnés sur son compte Twitter, fin 2016

#HackRisques

Le ministère de l'Environnement a organisé à Paris, en novembre 2016, un hackathon visant à valoriser les données ouvertes par le ministère et ses partenaires (dont Météo-France) pour développer des dispositifs de prévention et de gestion des risques naturels. Près d'une centaine de participants – développeurs, géomaticiens, data scientists, spécialistes business, étudiants, etc. – ont imaginé de nouveaux services de prévention. L'équipe gagnante était en partie composée d'agents de Météo-France !

Facebook
www.facebook.com/MeteoFrance

Instagram
www.instagram.com/meteofrance

Twitter
www.twitter.com/meteofrance

Mettre la connaissance à la portée de tous et développer la culture du risque

Rencontrer nos publics

Météo-France a pour ambition de mettre à disposition de tous les connaissances issues de ses travaux de recherche sur le changement climatique et les phénomènes météorologiques. Acteur de la prévention des risques, l'établissement participe également à des actions de sensibilisation sur les phénomènes extrêmes.

Cette démarche s'appuie notamment sur des rencontres avec différents publics. 2016 a ainsi été marquée par de nombreuses interventions, conférences et événements à Paris et en région : Forum de la météo et du climat, Fêtes maritimes de Brest, Nuit des chercheurs, Fête de la science, Journée de prévention des risques majeurs dans les Alpes-Maritimes, Forum sur les risques majeurs à Toulouse, etc., pour citer quelques exemples.

Des partenariats nombreux

Cette volonté de sensibilisation repose également sur des partenariats. En février, la Direction interrégionale pour l'océan Indien (DIROI) de Météo-France a ainsi signé avec la Plate-forme d'intervention régionale de l'océan Indien de la Croix-Rouge un partenariat autour de la sensibilisation des populations vulnérables et la formation à la gestion des risques naturels sur l'île (cyclones, inondations, mouvement de terrain, feux de forêt, etc.). La participation de la DIROI revêt plusieurs formes : diffusion d'une plaquette d'information sur son site Internet, interventions dans les écoles, visites des infrastructures de Météo-France, formation des présentateurs météo TV… Des actions sont également menées au bénéfice d'autres îles de l'océan Indien comme Maurice ou Madagascar.

Dans le domaine de l'éducation, les partenariats sont également nombreux. 25 nouveaux établissements du secondaire ont cette année rejoint le projet «Météo à l'école», mené en collaboration avec Sciences à l'école. Il vise à former les jeunes « à » et « par » la météorologie, via notamment l'installation de stations météorologiques dans les collèges et lycées.

Le projet «L'École météo», qui s'adresse aux élèves de primaire, a quant à lui été suivi par 13 académies sur l'année scolaire 2015-2016, soit 208 classes. Au printemps, des restitutions pédagogiques ont permis aux enfants de partager leurs travaux à Boulogne, Brest, Chandon, Lyon, Macon, Paris et Reims.

L'École météo à Boulogne-Billancourt (Hauts-de-Seine), le 12 mai 2016.
© Météo-France, Françoise Torterotot

La Météopole à Toulouse a de son côté accueilli, en mai, près de 250 jeunes, du CM2 à la terminale, dans le cadre des Journées Météo et Espace.

Dans le domaine de la formation des enseignants, l'École nationale de la météorologie a assuré de nombreuses interventions : formations ciblées suites aux évolutions des programmes en collège qui intègrent en particulier « la prévention des risques et l'adaptation au changement global » et « l'environnement et l'action humaine », formation de 50 professeurs sur le thème de la pollution atmosphérique en coordination avec l'École nationale supérieure de Lyon dans le cadre du projet « Météo et climat, un tremplin pour l'enseignement des sciences », intervention devant 150 enseignants aux journées nationales de l'Association des professeurs de biologie géologie (APBG) à la faculté Paris Descartes en novembre pour une session sur l'atmosphère, la météorologie et le climat…

Enfin, Météo-France a rejoint les treize membres fondateurs de Capital Filles, une fondation qui encourage et encadre les jeunes filles, issues de quartiers défavorisés ou de zones rurales, à s'orienter vers des filières scientifiques et techniques. La fondation leur offre un accompagnement qui prend la forme d'un marrainage : des femmes qui travaillent dans ces filières s'engagent aux côtés des lycéennes pour les accompagner dans leur choix d'orientation. L'aide apportée par la marraine peut être très concrète : rédaction d'une lettre de motivation ou d'un CV, recommandation pour un stage… Ce tutorat leur ouvre les portes du monde du travail et leur montre que toutes les carrières sont possibles. En 2016, 20 marraines Météo-France, issues de tous les corps de métier de l'établissement, ont accompagné leurs filleules sur l'ensemble du territoire métropolitain durant l'année scolaire.

1.2 Aux côtés des pouvoirs publics

Prévention et gestion des risques météorologiques

p.22

Politiques d'adaptation au changement climatique

p.24

Soutenir les armées

p.28

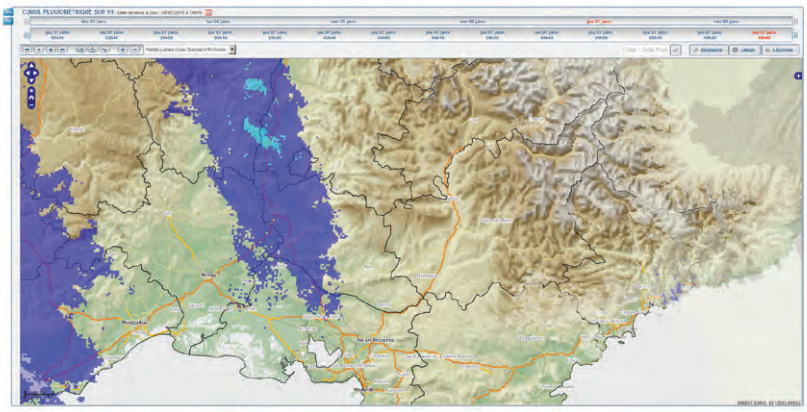
Prévention et gestion des risques météorologiques

RHYTMME : un outil pour gérer les risques naturels en région PACA

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur est particulièrement vulnérable aux inondations, crues torrentielles et mouvements de terrain. Météo-France et IRSTEA ont lancé en 2008 le projet RHYTMME (Risques hydrométéorologiques en territoires de montagnes et méditerranéens) dont l'objectif était le développement d'une plateforme Internet, alimentée par des données radars et dédiée à la surveillance des pluies et des risques associés. Dans le cadre du projet, trois nouveaux radars en bande X ont été installés sur la montagne de Maurel (Alpes-de-Haute-Provence), au mont Colombis et à Vars (Hautes-Alpes). Depuis 2016, les données radar de Météo-France alimentent en temps réel une plateforme Internet opérationnelle permettant un suivi des précipitations sur la région. Ces données sont complétées par des informations statistiques, hydrologiques et morphologiques permettant de qualifier le caractère plus ou moins exceptionnel des précipitations et du débit des cours d'eau et d'évaluer l'imminence probable de laves torrentielles ou de mouvements de terrain.

Les collectivités et les services de l'État des départements des Hautes-Alpes, du Var, des Alpes-Maritimes et des Bouches-du-Rhône accèdent à cet outil depuis 2016. Le déploiement se poursuivra en 2017 sur les départements des Alpes-de-Haute-Provence et du Vaucluse.

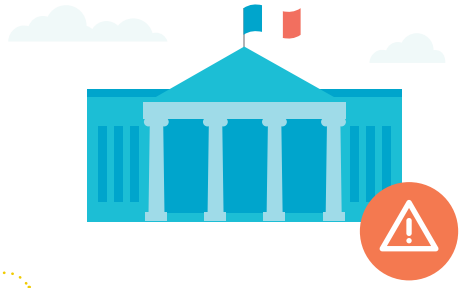
3
nouveaux radars en bande X ont été installés



Visualisation de la plateforme RHYTMME. © Météo-France.

Un système d'avertissement renforcé pour les préfectures

Soucieux d'améliorer l'information nécessaire à la chaîne d'alerte de l'État, Météo-France a mis en place, au printemps 2016, un nouveau système d'avertissement par SMS à destination des préfectures. Ce service permet notamment de prévenir le personnel préfectoral d'astreinte des modifications qui interviennent sur le niveau de vigilance (verte, jaune, orange ou rouge) en cours sur leur département ou les départements voisins. Il complète le dispositif existant en matière de prévention, d'anticipation et de gestion des risques météorologiques.



Gestion des catastrophes naturelles : plus de 2 000 expertises en 2016

Les événements pluvieux qui ont touché une grande partie nord de la France, fin mai et début juin 2016, ont mobilisé les équipes de Météo-France au-delà de l'anticipation et du suivi du phénomène. Expert auprès de la commission interministérielle Catastrophes naturelles (CatNat), l'établissement a réalisé, dans des délais très courts (moins d'une semaine), des rapports départementaux pour la vingtaine de départements touchés, et ce pour permettre aux sinistrés une prise en compte plus rapide de leurs dommages par les assurances.

Au total, sur l'année, des expertises sur plus de 2 000 communes en métropole et outre-mer ont été réalisées.

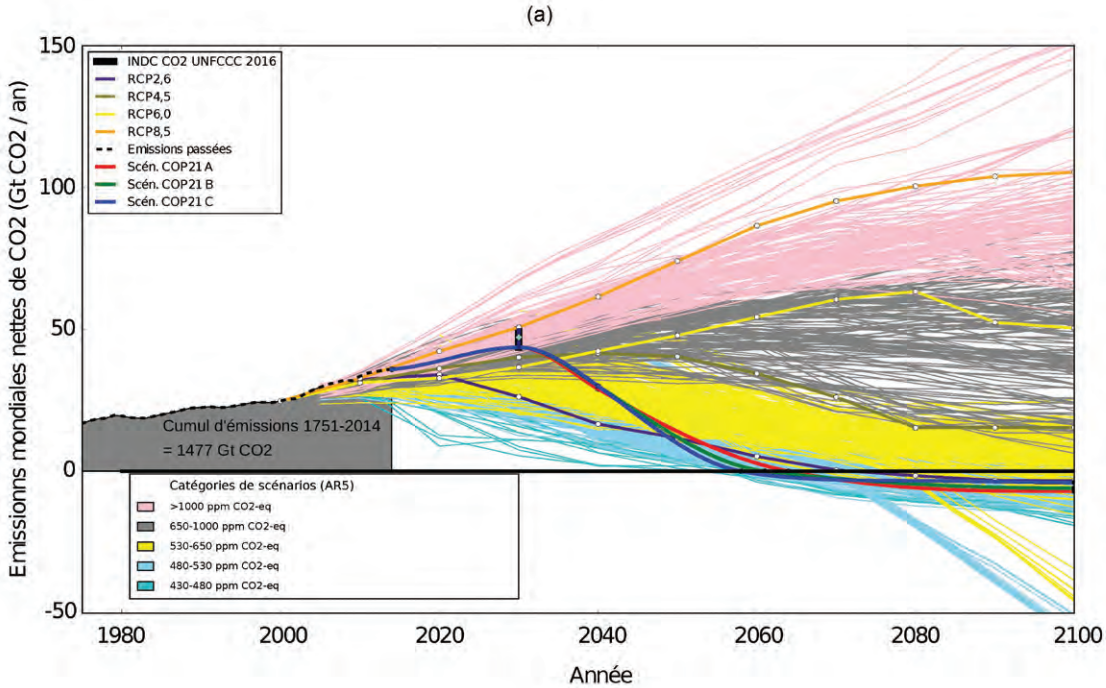
Crue de la Seine à Paris, le 4 juin 2016.
© Météo-France, Alain Soulan.

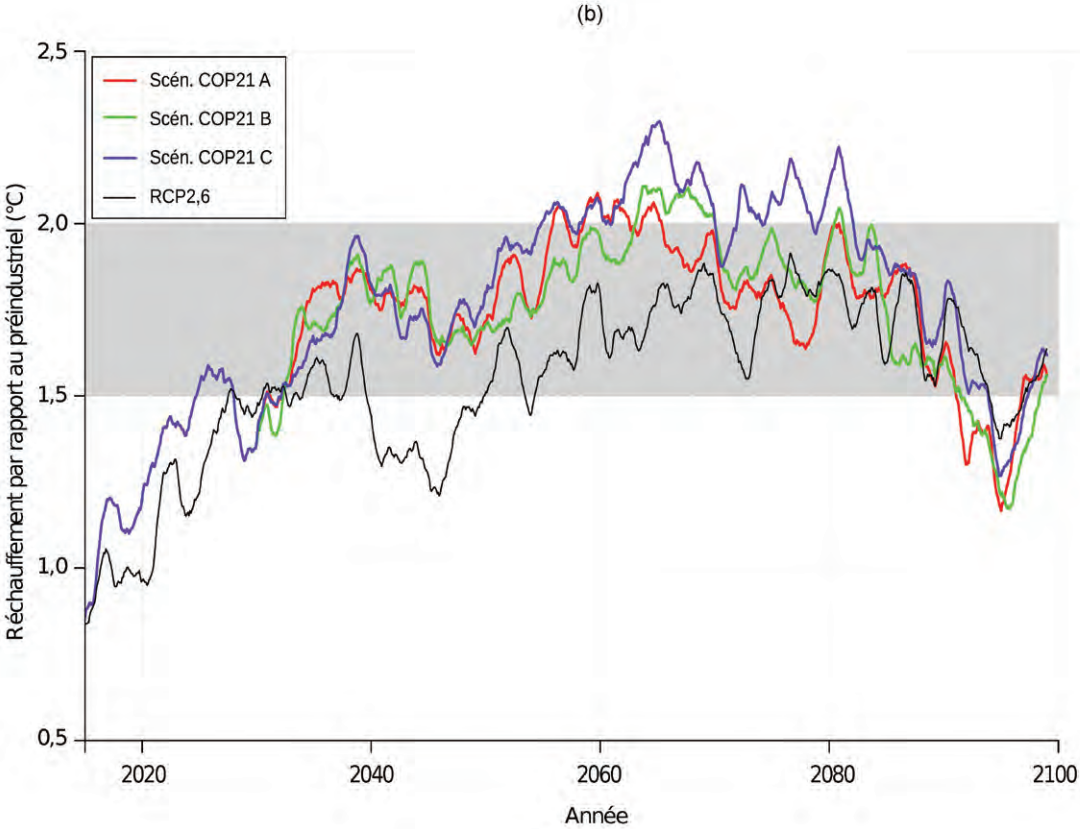
Politiques d'adaptation au changement climatique

Nouvelles simulations climatiques suite à l'accord de Paris

La 21e session de la Conférence des parties à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (COP21), à Paris en 2015, s'était achevée sur la signature d'un accord mondial pour limiter le réchauffement planétaire à 2 °C en moyenne par rapport au début du XXe siècle. Cet accord est entré en vigueur le 4 novembre 2016. Il engage les États à réduire drastiquement leurs émissions de CO_2 d'ici 2025-2030.

Aucune simulation climatique réaliste intégrant les objectifs de la COP21 n'était jusque-là disponible. Afin d'évaluer les conséquences multi-sectorielles (économique, énergétiques...) et climatiques de tels engagements, les climatologues de Météo-France, associés aux économistes du CIRED (Centre international de recherche sur l'environnement et le développement), ont élaboré en 2016 les premiers scénarios d'émissions de CO_2 de 2015 à 2100 compatibles avec l'objectif de 2 °C et passant par le niveau prévu pour 2030. Ces scénarios, qui impliquent tous des émissions négatives de CO_2 à partir de 2060-2070, ont été évalués en matière de réchauffement planétaire par le modèle de système Terre CNRM-ESM1 du Centre de recherche de Météo-France. Le modèle macroéconomique IMACLIM, développé au CIRED, a ensuite été utilisé pour estimer par quelles transformations structurelles du secteur de l'énergie se traduisent ces scénarios compatibles avec les objectifs de la COP21. IMACLIM indique qu'à partir de la moitié du XXIe siècle, le mix énergétique mondial devra être dominé par les énergies non émettrices de CO_2 (biomasse, énergies hydraulique, éolienne, solaire ou nucléaire). Cependant, comme les énergies fossiles (pétrole, gaz et charbon) ne pourront pas être complètement abandonnées, les émissions de CO_2 vont se poursuivre. Le déploiement de technologies d'émissions négatives telles que la production d'énergie par biomasse associée à une séquestration massive du CO_2 sera donc indispensable pour atteindre les objectifs climatiques de la COP21.





En haut : *émissions mondiales nettes de CO_2. Les estimations des émissions passées (jusqu'en 2014) sont représentées par la courbe en pointillés noir. Plusieurs scénarios d'émissions futures sont également représentés : scénarios de référence RCP et trois nouveaux scénarios intégrant les intentions des États d'ici 2025-2030. (INDC : Intended Nationally Determined Contributions).*

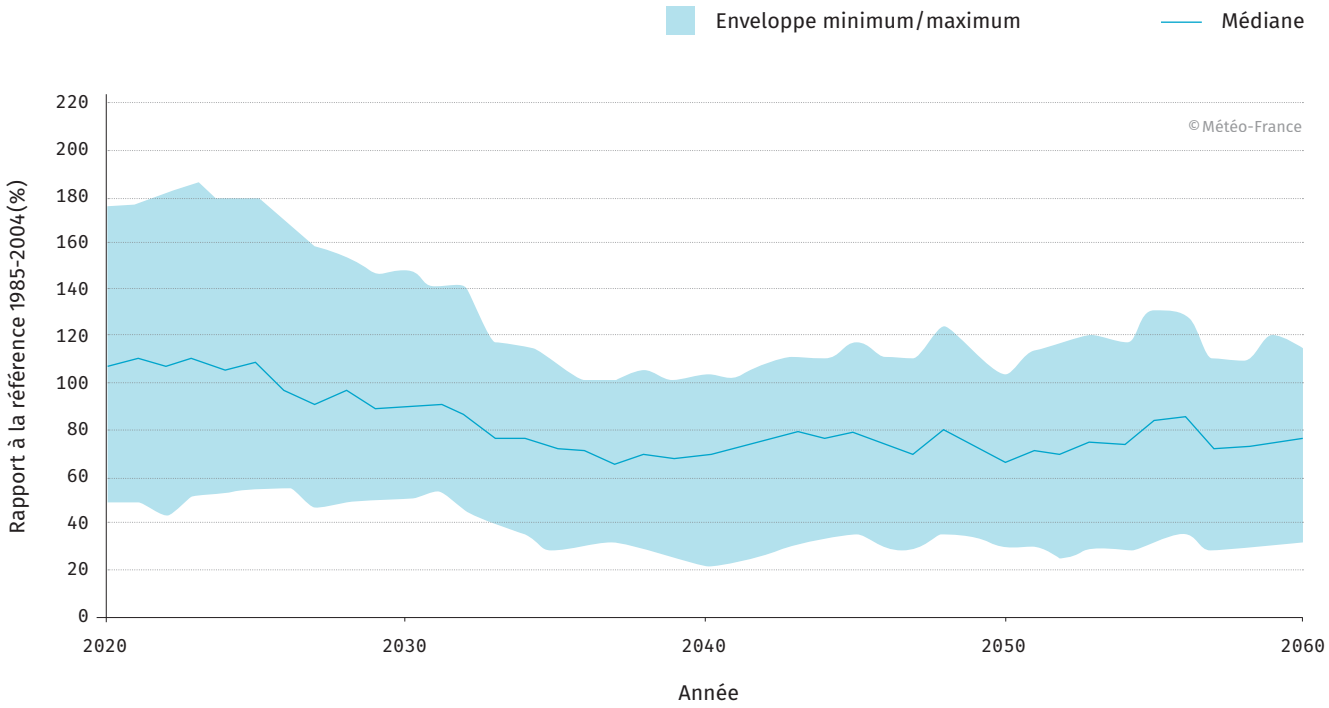
En bas : *réchauffement de la température moyenne mondiale par rapport au début du XXe siècle. La plage en grisé correspond à l'objectif de la COP21, compris entre 1,5 et 2 °C. Les courbes en couleur représentent les évolutions de température sous les trois nouveaux scénarios. Le scénario de référence aux émissions les plus faibles est représenté par la courbe en noir.* © Météo-France, Matthias Rocher et Roland Séférian

Aider les territoires de montagne à faire face au changement climatique

Les écosystèmes de montagne et les activités économiques liées au tourisme hivernal sont parmi les plus sensibles au changement climatique, et ces enjeux justifient le développement prioritaire de services climatiques pour l'appui aux politiques d'adaptation. Les projets GICC/ADAMONT dans les Alpes et INTERREG/CLIM'PY dans les Pyrénées ont ainsi pour objectif de renforcer les outils et les diagnostics disponibles sur ces territoires. Ils associent le Centre de recherche et les services opérationnels de Météo-France, en partenariat avec des organismes extérieurs, notamment IRSTEA et le CNRS.

Depuis le lancement du projet ADAMONT en 2015, près de 30 simulations climatiques de l'ensemble EURO-CORDEX (projections climatiques à l'échelle de l'Europe) ont été traitées pour forcer le modèle de neige Crocus de Météo-France et établir de nouveaux scénarios d'évolution de l'enneigement par massif, altitude et exposition sur les massifs montagneux français au cours du XXIe siècle. La prise en compte du damage et l'apport de la neige de culture en complément de l'enneigement naturel ont aussi été étudiés pour préciser les impacts des variations climatiques sur l'activité de ski dans les stations.

Le projet CLIM'PY, lancé en juillet 2016, vise quant à lui à affiner ce diagnostic à l'échelle d'un massif transfrontalier, en lien étroit avec les équipes espagnoles et andorranes. Au-delà des travaux sur l'évolution observée et à venir du climat des Pyrénées (phénomènes extrêmes et enneigement), CLIM'PY s'inscrit dans un programme d'appui au développement de l'Observatoire pyrénéen du changement climatique, qui comporte différents volets sur la biodiversité, la forêt, les risques naturels et la ressource en eau.



Stock nival : simulations climatiques pour le scénario d'évolution RCP 4.5 Hautes-Pyrénées

Former les professionnels aux enjeux du changement climatique

En 2016, Météo-France a ouvert à un public externe sa formation à distance sur le changement climatique et l'utilisation du portail de données climatiques DRIAS. Baptisée CICCLADE (Comprendre les impacts du changement climatique par une formation à distance), cette formation a pour objectif de répondre aux attentes des professionnels qui souhaitent mieux comprendre les enjeux du changement climatique. Des stagiaires issus de secteurs professionnels très variés – établissements publics, agence de l'eau, grandes métropoles, ministère de l'Environnement, sociétés d'assurance ou encore journalistes – ont pu en bénéficier. L'offre est reconduite en 2017.

Pour en savoir plus :
www.meteofrance.fr/actualites/43798146-formation-sur-le-changement-climatique-pour-les-professionnels.

Des études de risques pour l'éolien offshore

En 2016, Météo-France a affirmé son positionnement dans le domaine des énergies renouvelables en initiant une collaboration avec la Direction de l'énergie et du climat du ministère de l'Environnement, dans le cadre des travaux préliminaires au lancement du 3e appel d'offres pour les parcs éoliens offshore.

L'établissement a été retenu pour conduire des études de risques dans les zones identifiées comme propices au développement de l'éolien offshore au large de Dunkerque. Cette étude intègre un volet mesure en mer reposant sur la mise à l'eau et l'exploitation d'une bouée portant un lidar et la réalisation d'un ensemble d'études. Celles-ci visent à évaluer les risques relatifs au vent, à la houle, aux vagues extrêmes et à la turbulence (cisaillements verticaux du vent) pouvant avoir un impact sur le fonctionnement des éoliennes.

Soutenir les armées

Météo-France assure l'appui météorologique au ministère de la Défense, en conformité avec les dispositions de son décret fondateur, complétées, pour ce qui concerne les armées, par l'arrêté interministériel du 8 septembre 1998. Le soutien météorologique aux forces contribue de manière déterminante à la sécurité et au bon déroulement des opérations militaires. Il participe directement à l'efficacité opérationnelle des armées et à leur autonomie pour l'appréciation des situations.

Le porte-avions Charles de Gaulle.
© Marine nationale.

2016 a vu l'aboutissement de plusieurs actions structurantes, notamment :

• la sortie de la première promotion interarmées de sous-officiers météorologistes. Ces derniers prennent désormais part au cursus de formation des Techniciens des métiers de la météorologie de l'École nationale de la météorologie. Cette formation qualifiante est en pleine conformité avec les exigences de l'Organisation météorologique mondiale et de l'Organisation de l'aviation civile internationale en météorologie aéronautique ;

• la rénovation du poste de travail des météorologistes militaires, avec la livraison par Météo-France de la première version de la suite logicielle SYNPA. Pour mener à bien ce projet, Météo-France et les armées ont réalisé un important travail préalable visant à intégrer les logiciels dans le périmètre propre à la Défense. Les premiers mois d'exploitation opérationnelle interarmées de SYNPA laissent augurer une parfaite appropriation du système par ses utilisateurs finaux ;

• la finalisation des conventions délimitant le partage des responsabilités entre Météo-France et les armées pour la fourniture du service météorologique sur aérodromes militaires. En août 2016, et à l'instar de ce qui avait été fait l'année précédente pour les aérodromes militaires mixtes, un protocole complémentaire concernant les aérodromes militaires non ouverts au trafic civil a été conclu.

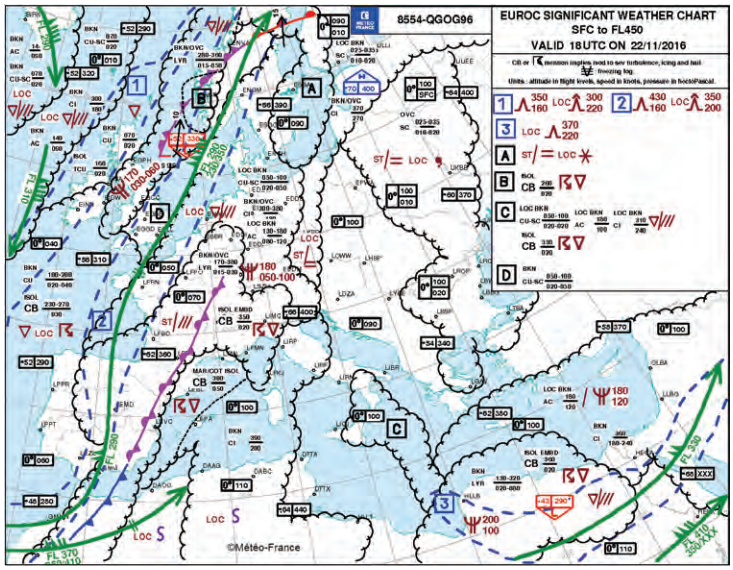
1.3

Innover pour le secteur aéronautique

Météo-France, prestataire exclusif de services pour l'espace aérien français

Prestataire certifié et désigné par l'administration au titre du «Ciel unique européen» (CUE), Météo-France est chargé de rendre le service météorologique à la navigation aérienne dans l'espace aérien français.

Le 1er décembre 2016, à l'expiration du 2e certificat, la Direction de la sécurité de l'Aviation civile (DSAC), autorité nationale de surveillance pour les prestataires de services de navigation aérienne, a renouvelé la certification de Météo-France pour une durée illimitée, ce qui est une première. Cette décision, désormais autorisée par la réglementation européenne, a été motivée par le niveau de maturité atteint par Météo-France dans les services qu'il fournit à la navigation aérienne. La DSAC a indiqué aussi avoir une bonne confiance dans la conformité continue de l'établissement et dans sa capacité à corriger tout écart qu'elle pourrait relever dans les années à venir.
Ce nouveau certificat permet à l'établissement de conserver son statut, pour l'espace aérien français, de prestataire exclusif de services météorologiques de navigation aérienne, tel que défini dans l'arrêté de désignation du 20 décembre 2011.



Exemple de carte TEMSI EUROC. © Météo-France.

Une nouvelle carte de prévision pour les compagnies aériennes

Depuis plus de vingt ans, Météo-France produit régulièrement une carte du temps significatif pour l'aéronautique couvrant l'Europe. Réalisée à la demande des compagnies aériennes pour leurs vols courts et moyens courriers, la carte TEMSI EUROC est élaborée toutes les 3 heures.

Elle indique la prévision à quatre heures d'échéance de tous les phénomènes significatifs pour l'aéronautique, tels que les zones givrantes, les orages et les zones de turbulence, mais aussi d'autres paramètres utiles à la préparation des vols comme les fronts, la nébulosité, la visibilité, les courants-jets et la position de l'isotherme 0 °C.

Pour mieux couvrir encore le réseau des vols moyens courriers, Météo-France, à la demande des compagnies, a étendu significativement le périmètre de la carte, qui inclut, depuis juillet 2016, le Proche-Orient.

Des données accessibles sur tablettes pour les pilotes d'Air France

En juin 2016, Air France a lancé un appel d'offres pour équiper ses pilotes d'un système d'informations aéronautiques et intégrant des données météorologiques de différentes origines. L'appel d'offres a été remporté par la société GTD, avec son système eWAS mis au point avec les données de Météo-France. Les 4 000 pilotes d'Air France peuvent désormais accéder depuis leurs tablettes à des informations de Météo-France (détection et évolution des cellules convectives, zones de givrage et de turbulence sur le globe) qui complètent les informations météorologiques réglementaires. Pour couvrir ces besoins, le Centre de météorologie spatiale de Météo-France a étendu sa production de détection des cellules convectives à évolution rapide (RDT, *Rapid Developing Thunderstorm*) sur l'ensemble du globe au cours de l'année 2016. Les données foudres de Météorage (filiale de Météo-France) sont aussi proposées.

De nouvelles données météorologiques sur les tablettes des pilotes d'Air France avec le système eWAS. © GTD

Les prévisionnistes aéronautiques sensibilisés à l'environnement des pilotes

En septembre 2016, une première journée de sensibilisation des prévisionnistes aéronautiques à l'environnement des pilotes a été organisée à la Météopole, à Toulouse. Cette action sera reconduite, pendant trois ans minimum, dans chaque direction en métropole et outre-mer, afin de toucher les 350 prévisionnistes aéronautiques de l'établissement. Au cours de cette journée, les fédérations de pilotes ont présenté leurs disciplines et échangé sur les évolutions des services de Météo-France, comme par exemple AÉROWEB.

Lidar aérosol installé à Aléria en Corse.
© Météo-France

Un réseau de lidars pour le suivi des cendres volcaniques

L'éruption du volcan islandais Eyjafjöll avait désorganisé la navigation aérienne dans le ciel européen en 2010. Afin d'améliorer la gestion de l'espace aérien sur le territoire en cas d'éruption volcanique, Météo-France s'est doté en 2016 d'un réseau de lidars aérosols, le premier à être opérationnel en Europe. Ils permettront de localiser et caractériser le nuage de cendres volcaniques et de mieux prévoir son déplacement.

Les lidars sont installés à Aléria (Haute-Corse), Brest (Finistère), Lille (Nord), Momuy (Landes) et Trappes (Yvelines). Un lidar mobile, implanté à Toulouse, pourra en outre être déplacé en cas de crise volcanique, à la demande des équipes du Volcanic Ash Advisory Center (VAAC) de Toulouse.

1.4

Des services météorologiques et climatiques dédiés aux entreprises

Une stratégie de partenariats renforcée p.35

Intégrer la dimension climatique dans le pilotage économique p.37

Assistances sportives: développement à l'international p.40

Filiales: évolution des participations p.41

La commercialisation de produits et services constitue l'un des axes stratégiques de Météo-France. L'établissement a pour ambition de décliner son savoir-faire de manière de plus en plus personnalisée pour les différents secteurs d'activité et de renforcer l'accompagnement de ses clients et l'aide à la décision face à l'aléa météorologique et à l'évolution du climat. Cette stratégie commerciale repose notamment sur le développement de partenariats. Elle a permis d'atteindre un résultat comptable global de 29,14 M€ et d'enregistrer une progression de 0,7 % des recettes professionnelles en 2016, avec une dynamique particulièrement marquée sur le marché français (croissance supérieure à 2 %). Ce résultat conforte la position de leader de l'établissement sur le marché des services météorologiques et climatiques.

Une stratégie de partenariats renforcée

Véhicules connectés : Météo-France s'associe à Continental

En mars 2016, Météo-France et l'équipementier automobile Continental ont noué un partenariat visant à développer un système de prévisions intégrant, en temps réel, des données issues de véhicules connectés : *eHorizon Weather*.

Pour Météo-France, l'objectif est d'améliorer la qualité de ses prévisions à courte échéance et de son réseau d'observation par la prise en compte de données issues des véhicules connectés (température de l'air, déclenchement de l'antipatinage pour l'état de surface, déclenchement et vitesse des essuie-glaces pour les précipitations, phares pour la visibilité...) et de développer des produits et des services innovants pour les usagers de la route. Pour Continental, c'est le moyen de mettre à disposition des conducteurs des prévisions et alertes météorologiques basées sur les flux de prévision immédiate de Météo-France, via les ordinateurs de bord. Après les premiers essais en 2016, une expérimentation élargie sur 200 véhicules a été menée lors de la campagne hivernale. Elle visait à évaluer la qualité, l'intérêt des données collectées par les véhicules et leur échantillonnage (représentativité, agrégation spatiale et temporelle...) ainsi que celle des alertes embarquées.

eHorizon Weather a été récompensé dans la catégorie « Équipementiers » dans le cadre de la deuxième édition des Awards de l'Innovation, organisés par le magazine *Auto Moto* en décembre 2016.

Pour en savoir plus :
www.meteofrance.fr/espace-presse/43758047-meteo-france-et-continental-recompenses-lors-des-awards-de-l-innovation-auto-moto-pour-leur-solution-d-aide-a-la-conduite-ehorizon-weather

Taméo : un service d'agro-météorologie développé avec Arvalis-Institut du végétal

Météo-France et Arvalis-Institut du végétal ont signé, en juillet 2016, un contrat de partenariat d'une durée de 5 ans pour le développement du service agro-météorologique Taméo®. Cet outil, disponible sur tablettes, ordinateurs et smartphones, fournit en temps réel aux agriculteurs des informations agronomiques et météorologiques à l'échelle de leurs parcelles. Taméo intègre ainsi des données relatives à la météo (météo des 5 derniers jours, temps réel et prévision immédiate, prévisions météo jusqu'à J+9), au stade de culture et au risque d'apparition des maladies, afin de préconiser à l'utilisateur les meilleures périodes d'intervention pour fertiliser, désherber et protéger leurs cultures.

Si la version actuellement déployée concerne uniquement la culture du blé tendre, l'intégration de nouvelles variétés est d'ores et déjà planifiée.

Taméo a été récompensé lors de la cérémonie des SIMA Innovation Awards à Paris, le 24 novembre, concours internationalement reconnu, dédié aux matériels, produits, techniques et services agricoles les plus innovants.

Pour en savoir plus :
www.youtube.com/watch?v=zxbS-Zt4iQQ&mode=popin&w=1280&autoplay=1

MétéOpodo : une plate-forme de réservation de voyage

Où partir au soleil en février ? Week-end à Biarritz ou escapade en Corse ? Météo-France et le voyagiste Opodo, n°1 européen et n°2 mondial du voyage (regroupant Go Voyages, Edreams, Travel Links, Liligo) se sont associés pour créer la première plate-forme en ligne de réservation de voyages en fonction de la météo. Lancée le 25 octobre, MétéOpodo permet à l'internaute de choisir sa destination selon des critères météorologiques. Après avoir sélectionné sa ville de départ et ses dates de voyage, l'utilisateur est invité à préciser les conditions météo (températures, vent, nébulosité, précipitations) dont il souhaite bénéficier pour son voyage. En retour, la plate-forme lui indique les destinations qui correspondent à sa recherche, sur la base de prévisions météorologiques pour les 10 jours à venir et à partir de données climatologiques au-delà.

Pour en savoir plus :
www.meteofrance.fr/espace-presse/42323594-meteopodo-le-premier-site-pour-reserver-ses-vacances-au-soleil.

Intégrer la dimension climatique dans le pilotage économique

Accompagner les entreprises du Rhin Supérieur

Lancé en févier 2016 pour 3 ans, le projet INTERREG V* franco-germano-suisse, Clim'Ability, vise à donner aux entreprises du Rhin Supérieur les moyens d'adapter leurs stratégies et leurs process aux changements climatiques attendus. Connaissance, innovation, gestion ou réduction des risques sont au cœur de cette démarche originale qui a vocation à être généralisée à l'ensemble du territoire.

Un des principaux enjeux est de diagnostiquer les vulnérabilités de la région au changement climatique et d'identifier les résiliences potentielles. Une équipe pluridisciplinaire a été constituée, associant climatologues géographes, sociologues, économistes, conseillers de la Chambre de commerce et d'industrie (CCI) d'Alsace et entreprises pilotes. Le versant sociologique est réalisé à partir d'entretiens avec des chargés de mission des Plans climat-énergie territoriaux, des bureaux d'étude et des entreprises. Il vise notamment à évaluer le niveau de conscience des entreprises en matière de changement climatique, à co-construire des stratégies d'adaptation et à élaborer des pistes pour atténuer les vulnérabilités.

Pilotée par la Direction Nord-Est, la contribution de Météo-France associe l'École nationale de la météorologie ainsi que les directions commerciale et des services climatiques de l'établissement.

Pour en savoir plus :
www.clim-ability.eu

* La zone de programmation du projet INTERREG V réunit des territoires français (départements alsaciens du Haut-Rhin et du Bas-Rhin de la région Grand Est), allemands et suisses.

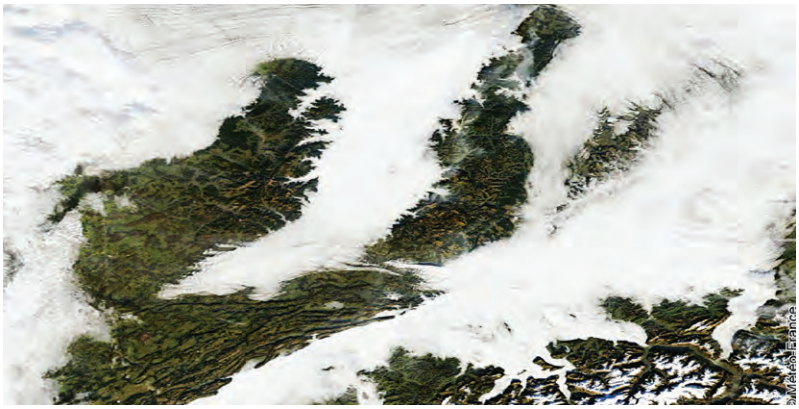


Image du nord-est de la France par le satellite TERRA, le 16/12/2016 à 10 h 20 UTC.
À 14 h locale, à Colmar (207 m), la visibilité est nulle et la température est de -0,5 °C. À la même heure, à Gérardmer (700 m) il fait 10,9 °C. Au Grand Ballon, le point culminant du massif des Vosges (1 360 m) le temps est ensoleillé et la température est de +5,2 °C.
© Météo-France

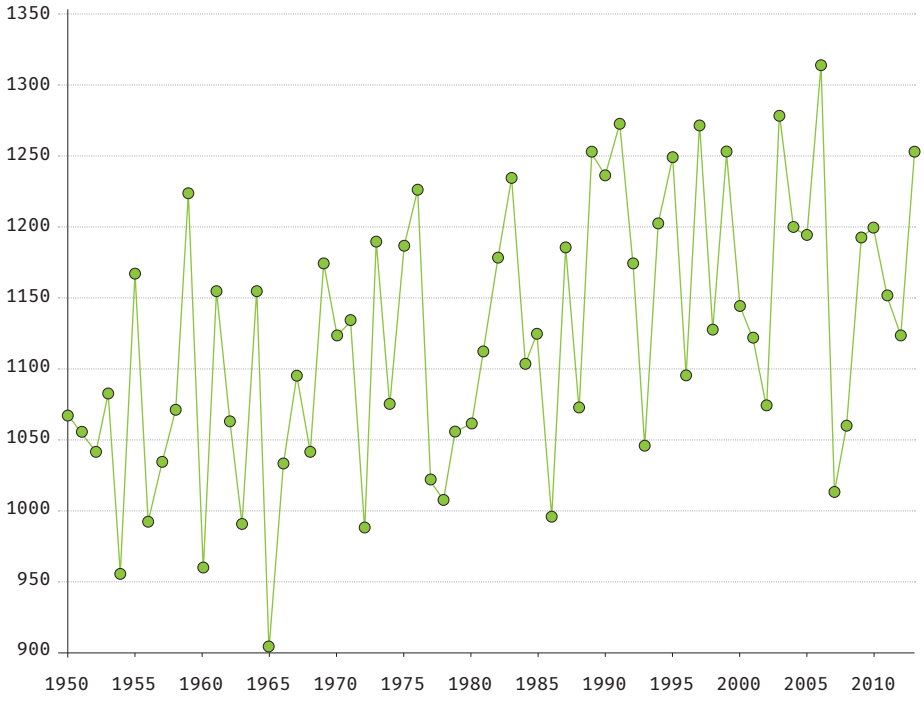
Aider les agriculteurs à appréhender le changement climatique à l'échelle de leur territoire

Météo-France est partenaire depuis ses débuts en 2011 de l'Observatoire régional sur l'agriculture et le changement climatique (ORACLE) mis en place par la Chambre régionale d'agriculture de Poitou-Charentes. En 2016, l'établissement a renforcé son implication dans le domaine avec la signature d'une convention cadre avec l'Assemblée permanente des Chambres d'agriculture, d'une durée de 3 ans, étendue aux régions Nouvelle Aquitaine, Pays de la Loire, Normandie, Grand Est et Centre-Val de Loire.

La démarche des observatoires ORACLE est d'aider le monde agricole, observation à l'appui, à mieux appréhender le changement climatique en cours et à venir et à intégrer ces évolutions dans ses prises de décision, à des fins d'adaptation et d'atténuation. Dans ce contexte, Météo-France fournit des indicateurs climatiques relatifs à différents paramètres (température, précipitations), mais surtout des indicateurs agro-climatiques co-construits avec les Chambres d'agriculture : franchissement de seuils thermiques, nuits fraîches pour la viticulture ou encore cumul de température avec des seuils et des durées variables permettant d'évaluer la faisabilité de telle ou telle culture.

Cette démarche illustre la volonté de l'établissement de proposer à l'échelle locale des services climatiques ciblés, construits en partenariat avec les acteurs du secteur.

Pour en savoir plus :
www.poitou-charentes.chambagri.fr/innovation/changement-climatique/oracle-observatoire.html



Exemple d'indicateur
Évolution observée depuis 1950 de la disponibilité thermique pour un tournesol dérobé semé le 01/07 et récolté le 30/09 à Beaucouzé (Maine-et-Loire). Données : Météo-France

3 ans
durée de la convention cadre signée par l'établissement avec l'Assemblée permanente des Chambres d'agriculture

Lac-réservoir Seine
Troisième plus grand lac artificiel de France, il est situé dans l'Aube, à une douzaine de kilomètres de Troyes. Mis en service en 1966, il permet de réguler directement la Seine.
© EPTB Seine Grands Lacs.

Gérer la ressource en eau grâce aux prévisions saisonnières

Dans le cadre du projet européen EUPORIAS *(European Provision Of Regional Impacts Assessments on Seasonal and Decadal Timescales)*, Météo-France a développé un prototype pour la prévision saisonnière de la ressource en eau en France. Son apport pour la prise de décision a été évalué dans le cadre d'une collaboration avec l'EPTB Seine Grands Lacs sur la base d'un rejeu de 29 années.

En 2016, dernière année du projet, l'accent a été mis sur l'expérimentation temps réel du service à la fois sur la Seine et la Garonne, notamment en juin, période durant laquelle des décisions stratégiques sont prises par rapport aux objectifs d'étiages.

À la demande des utilisateurs, la prévision saisonnière a été présentée par comparaison à la climatologie mais aussi à des prévisions climatologiques (rejeu de 24 années passées avec l'état initial hydrologique de l'année en cours).

Des réflexions ont par ailleurs été menées afin de compléter les données proposées. Elles ont conduit à l'ajout d'informations sur le contexte hydrologique de l'année en cours et d'indices de confiance basés à la fois sur le rejeu historique mais aussi la prévisibilité des prévisions saisonnières pour un mois et un bassin donnés.
Le travail se poursuivra en 2017 pour préparer la mise en œuvre opérationnelle du service.

Pour en savoir plus :
http://riff.euporias.eu/fr

Assistances sportives : développement à l'international

Météo-France a conforté en 2016 sa position de prestataire de référence sur le marché des assistances sportives en poursuivant notamment le développement de cette activité à l'international.

Dans le domaine du tennis, comme pour Wimbledon et Roland Garros, Météo-France Sports a assuré une assistance en prévision immédiate pour l'organisateur du tournoi de l'US Open, avec notamment l'installation d'un radar mobile à New York.

L'année a également été marquée par l'organisation sur le territoire français de l'UEFA Euro 2016. Pour cette compétition, Météo-France a déployé une prestation dédiée.
Des prévisionnistes étaient présents au sein de l'International Broadcast Center à Paris-Porte de Versailles et une assistance a été mise en place pour chacune des 10 villes organisatrices et chacun des 24 camps de base des participants.

Le sport automobile, enfin, a encore été un domaine qui a mobilisé de nombreux experts de Météo-France Sports, avec notamment l'accompagnent de plusieurs écuries lors des championnats du monde des rallyes (Citroën, Hyundai, M-Sport) et d'endurance (Porsche, Audi et Toyota), mais également de la Fédération internationale de l'automobile dans l'organisation de la compétition. En 2016, Météo-France a remporté l'appel d'offres pour l'assistance météo du Championnat du monde de Formule 1. Ses prévisionnistes seront présents sur l'ensemble des épreuves au calendrier de la catégorie reine du sport automobile en 2017.

2016

a été marquée par l'organisation sur le territoire français de l'UEFA Euro

Prévisionnistes lors de l'Euro 2016. © Météo-France

Filiales : évolution des participations

Meteo France International (MFI)

Au sein du groupe Météo-France, 2016 a été pour **Meteo France International (MFI)** une année de transition, après le départ d'Egis Avia de son capital fin 2015. De nombreuses démarches ont été entreprises pour finaliser la contractualisation de très grands projets qui doivent aboutir courant 2017. L'année 2016 a également été marquée par le gain, avec Airbus Defence and Space (AD&S), de l'appel d'offres Geode4D/SysEnv organisé par la Direction générale de l'armement. Ce résultat constitue une reconnaissance de la compétence de MFI et permettra la valorisation, par ce biais également, du savoir-faire de Météo-France pour l'ensemble des armées françaises.

Pour en savoir plus :
www.mfi.fr/fr/

Météorage

Météorage, spécialisée dans la détection de la foudre, a consolidé son réseau de détection avec celui de ses partenaires des autres pays européens (France, îles Britanniques, Bénélux, Suisse, péninsule Ibérique) et poursuivi le développement de services numériques multilingues. Elle a atteint pour la première fois le seuil de 3 millions d'euros de chiffre d'affaires annuel.

Pour en savoir plus :
www.meteorage.fr

Predict Services

Pour **Predict Services**, spécialisée en assistance en gestion des risques et qui a fêté cette année son dixième anniversaire, l'année 2016 a notamment été marquée par des retours très positifs pour son action lors des crues dans le bassin parisien au printemps et le développement de son activité dans le secteur de l'assurance. Predict Services a lancé, au second semestre, une activité opérationnelle dans les DOM-TOM et à l'international, concrétisée par l'ouverture du Semaphore, la vigie internationale pour la gestion des risques majeurs.

Pour en savoir plus :
www.predictservices.com

Météo-France Régie

Météo-France Régie a recentré son activité sur la gestion des espaces publicitaires du site Internet de Météo-France, après l'externalisation, en juillet 2016, de la gestion des espaces publicitaires des applications mobiles.

Enfin, Météo-France a cédé ses dernières parts dans la société **Climpact-Metnext**, après un retrait progressif depuis plusieurs années.

L’innovation scientifique et technologique au cœur de notre activité

2

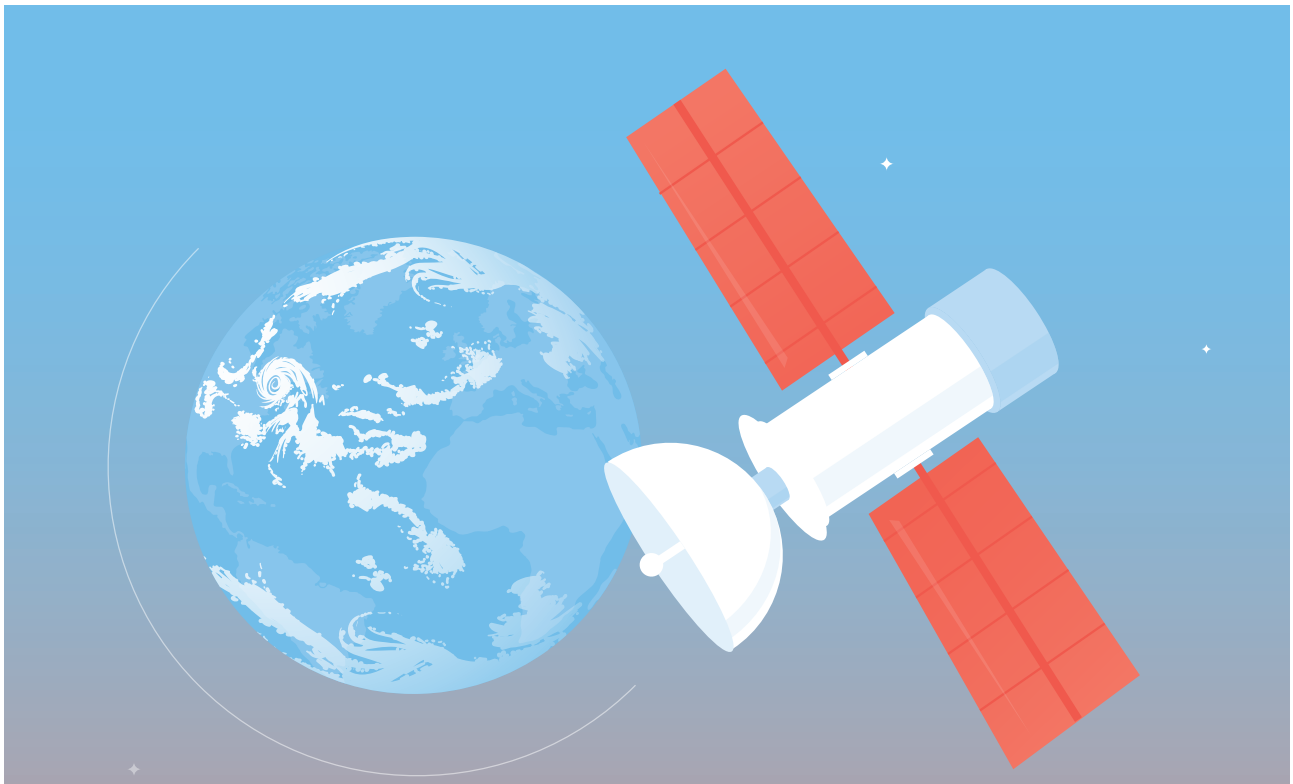
Les équipes de recherche de Météo-France assurent le développement de modèles de prévision numérique du temps et du climat dans un cadre coopératif européen. Cette activité occupe une place particulière au sein de l'établissement car elle contribue fortement à l'amélioration continue de ses outils opérationnels et à la qualité des services qu'il rend.

En particulier, la capacité de Météo-France à anticiper toujours mieux les phénomènes météorologiques intenses de petite échelle repose très largement sur l'enrichissement des systèmes de prévision numérique du temps. L'excellence des performances des modèles de climat est également essentielle pour permettre à l'établissement, d'une part, d'apporter une contribution scientifique de premier plan au sein du GIEC et, d'autre part, de contribuer fortement à la mise à disposition de services climatiques de référence.

Ces activités s'appuient sur des infrastructures et des moyens importants, sans cesse renouvelés afin d'en optimiser la performance et les résultats :

- des moyens d'expérimentation (drones, avions…) indispensables pour améliorer la compréhension des processus physiques à l'œuvre dans l'atmosphère et valider le comportement des modèles de prévision numérique ;
- des réseaux d'observations, pour certains propres à Météo-France (stations automatiques, radars…), ou mutualisés à l'échelle internationale comme les satellites ;
- des infrastructures de calcul et de stockage dont la puissance et la capacité sont la condition *sine qua non* du passage en opérationnel des innovations issues de la recherche.

Dans tous ces domaines, de nombreuses avancées ont marqué l'année 2016, elles ont concerné des territoires divers (le Sud-Est de la France et plus généralement la Méditerranée, les Antilles et la Guyane, l'Afrique de l'Ouest, l'océan Indien…) et différents milieux (l'atmosphère, la mer, la montagne, la ville…).



2.1 Des prévisions météorologiques toujours plus performantes

Plusieurs nouveautés dans la chaîne de prévision

p.46

Mieux comprendre et prévoir les phénomènes à fort enjeu

p.50

Quantifier les incertitudes associées aux prévisions : un enjeu pour demain

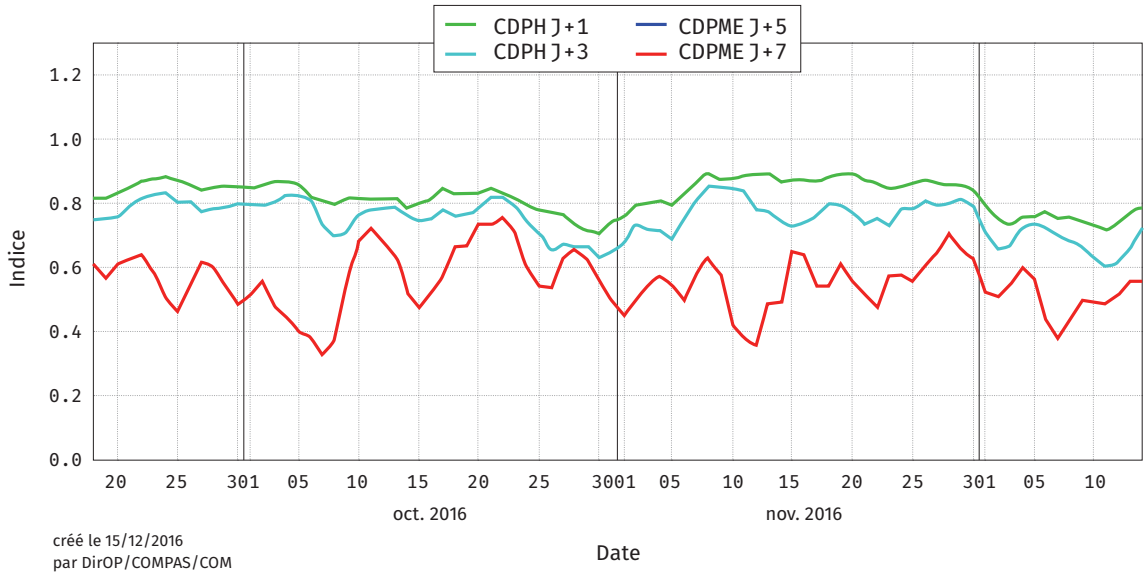
p.54

Plusieurs nouveautés dans la chaîne de prévision

Apprécier la qualité des prévisions au regard des besoins finaux

En 2016, Météo-France a souhaité renforcer le suivi de la qualité de ses prévisions en déployant un indicateur encore plus représentatif des besoins des utilisateurs. Cet indice prend en compte les paramètres météorologiques les plus couramment utilisés pour caractériser la situation météorologique : température, vent, couverture nuageuse et occurrence de pluie, de neige, d'orages ou de brouillard.

Pour chacun de ces paramètres, le pourcentage de « bonnes prévisions » est calculé sur 1300 points géographiques couvrant la France métropolitaine. La figure ci-dessous illustre la qualité des prévisions de température sur les derniers mois de l'année : la très bonne qualité des prévisions du mois de novembre a été suivie d'une période plus difficile en décembre, dominé par des conditions anticycloniques pendant lesquelles les variations brutales de couverture nuageuse et de température sont des causes d'erreur de prévision fréquentes.

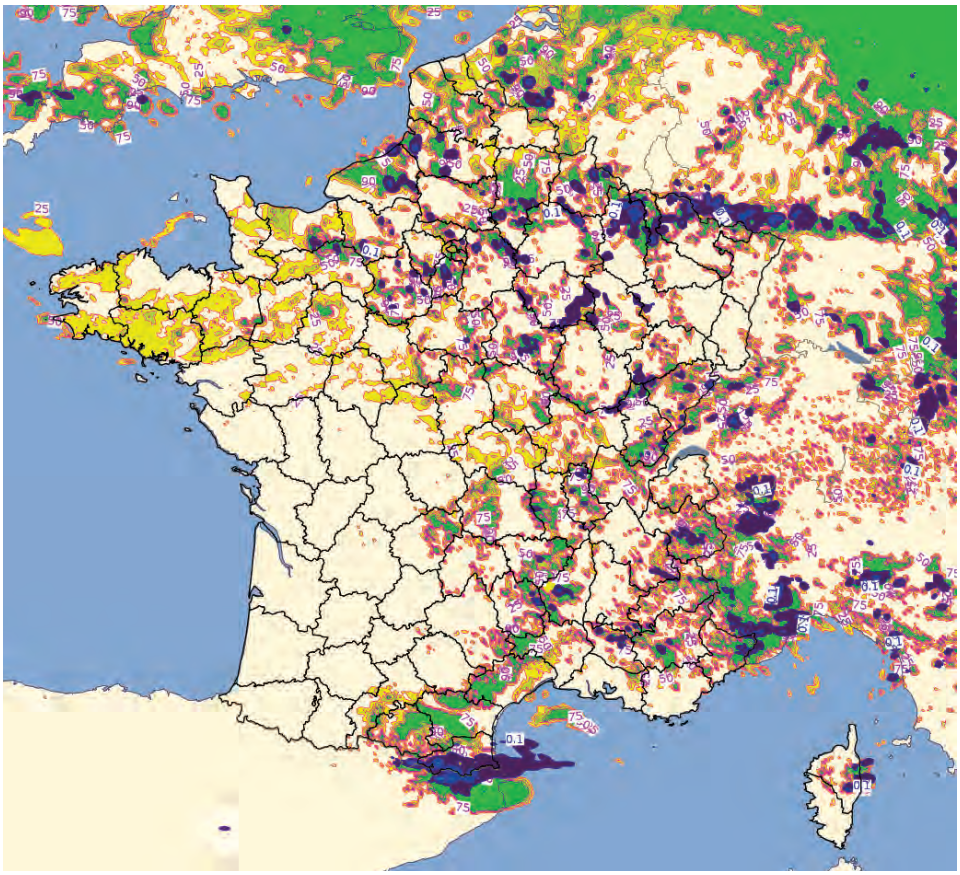


Indice de qualité des températures du 16/09/2016 au 14/12/2016 (moy. sur 3 jours), rés. 12 HUTC, réf. ANA CLIM, échant. France . © Météo-France

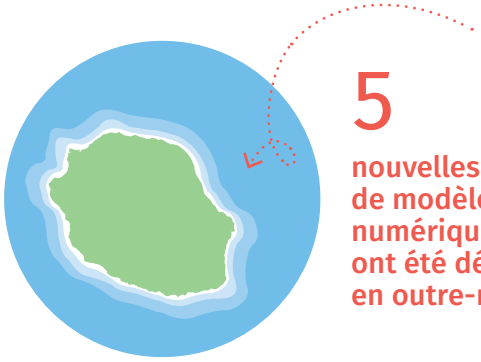
Prévision immédiate : des données plus fines

Pour prévoir le temps qu'il fera dans les toutes prochaines heures ou le développement de phénomènes à évolution rapide ou à forte intensité comme les orages, il faut disposer d'outils dits de « prévision immédiate ».
Les progrès réalisés en matière de prévision numérique du temps et la puissance actuelle des supercalculateurs permettent désormais de disposer des premières sorties de modèle moins d'une demi-heure après les observations. Depuis mars 2016, Météo-France dispose ainsi de la chaîne de produits AROME-PI, qui réalise toutes les heures une prévision jusqu'à 6 heures d'échéance. Basé sur le modèle de prévision numérique du temps AROME, AROME-PI fournit des données plus fines que ce dernier, grâce à l'injection des données observées les plus récentes. Les informations actuellement exploitées toutes les 15 minutes sont le vent à 10 m, la température et l'humidité de la masse d'air à 2 m, la pression au niveau de la mer, la nébulosité basse et les précipitations (pluie, neige, grêle...).
Plusieurs diagnostics (indices de convection sévère, brouillard, précipitations solides) sont également disponibles. Des produits permettant de prolonger avec ces nouvelles données les prévisions de pluie actuellement extrapolées à partir des données radar sont également en cours de validation.

Encore en phase de développement suite aux premiers retours d'expérience, AROME-PI permettra à terme d'affiner le suivi temporel et spatial des épisodes météorologiques dangereux, comme les épisodes méditerranéens. Il vise également à mieux servir le secteur aéronautique ainsi que 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.).



Prévision par AROME PI le 4 mai 2017 à 14h UTC pour le 4 mai 2017 à 16h30 UTC de la couverture en nébulosité basse (en pourcentage, en jaune : peu importante / en vert : totale), les précipitations prévues (en niveaux de bleu / violet)
© Météo-France



5

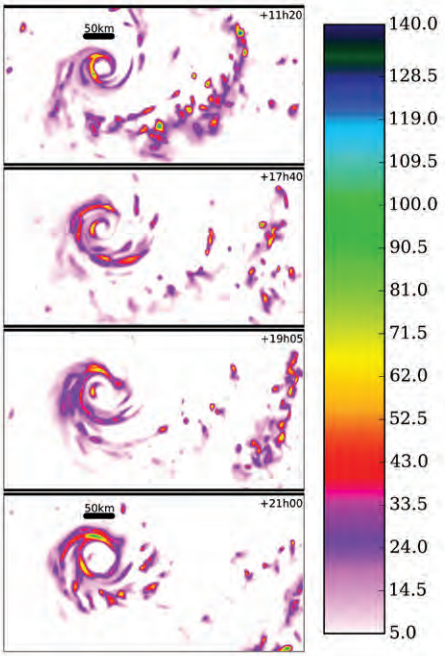
nouvelles configurations de modèles de prévision numérique du temps ont été déployées en outre-mer

Le modèle de prévision AROME déployé en outre-mer

En février 2016, cinq nouvelles configurations de modèles de prévision numérique du temps ont été déployées pour les besoins des outre-mer. Basées sur le modèle AROME, déjà largement utilisé en métropole et en Europe, ces versions couvrent l'ensemble des départements et territoires tropicaux d'outre-mer : Antilles (Guadeloupe et Martinique), Guyane, Nouvelle-Calédonie, océan Indien (La Réunion et Mayotte) et Polynésie française. Elles remplacent les configurations basées sur le modèle ALADIN utilisées jusqu'ici sur les régions ultramarines.

Dotées d'une résolution horizontale de 2,5 km, ces versions tropicales d'AROME représentent bien le relief souvent complexe de ces régions, ainsi que le cycle de vie des nuages convectifs qui s'y déploient. Elles améliorent notamment la capacité de Météo-France à prévoir et à suivre l'évolution des phénomènes cycloniques. Ainsi, lors du cyclone très intense *Fantala*, qui a sévi sur l'océan Indien en avril 2016, AROME a permis, pour la première fois sur ce bassin, de modéliser le « cycle de remplacement » du mur de l'œil du cyclone. Au cours de ce processus se forme progressivement, autour de l'œil initial, un nouvel œil qui affaiblit puis fait disparaître le premier. Le cyclone finit par retrouver une structure mono-œil mais de diamètre supérieur. Ce phénomène entraîne des variations d'intensité du cyclone et un élargissement de la zone impactée par les vents très forts. Pouvoir prévoir ce phénomène est donc primordial dans le cadre de la veille cyclonique.

Dès 2017, ces configurations AROME bénéficieront de nouvelles améliorations, avec notamment l'adjonction d'un modèle uni-dimensionnel d'océan qui permettra d'améliorer la modélisation des interactions océan-atmosphère.



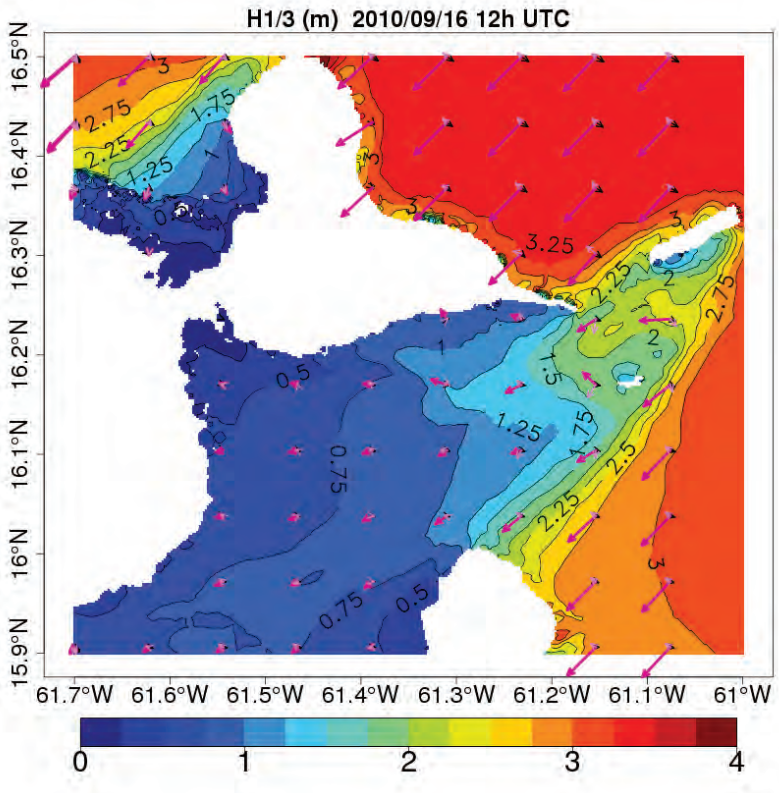
Réflectivité radar à 3 000 m, simulée par AROME-Indien, *le 17 avril 2016 à 18 h, pour quatre échéances entre 11 h 20 et 21 h, autour du cyclone* Fantala *au nord de Madagascar.* © Météo-France

Après la métropole, le modèle de vagues à la côte utilisé aux Antilles et en Guyane

Fin 2015, la seconde phase du projet HOMONIM (Historique, observation, modélisation des niveaux marins), conduit par Météo-France et le Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM), avait été lancée avec le soutien du MEEM pour améliorer les outils de prévisions des surcotes et des vagues à la côte, notamment en outre-mer. Cette étape faisait suite à la mise en place pour la métropole, en mars de la même année, du modèle de vagues côtier haute résolution WaveWatch 3 (WW3).

Après des études sur la bathymétrie et différents essais de maillages, puis une phase de validation, la configuration de ce modèle WW3 pour les Antilles et la Guyane a été installée à son tour en décembre 2016.

Le modèle WW3 fournit des paramètres décrivant l'état de la mer à une résolution de 200 m près des côtes françaises et a la particularité d'utiliser une maille irrégulière qui permet d'adapter sa grille à la découpe des côtes. Il est forcé par des vents du modèle atmosphérique AROME-Outre-mer, à 2,5 km de résolution, et imbriqué dans le modèle régional de vagues de Météo-France MFWAM, de 10 km de résolution environ.
En eau peu profonde, WW3 simule mieux les processus liés à la bathymétrie, à la nature des fonds et au trait de côte que le modèle MFWAM. Sur la Guyane, la prise en compte à venir des courants de surface et, à plus long terme, de la nature vaseuse du fond, devrait encore améliorer la simulation des états de mer.
Des configurations de WW3 sur Mayotte et la Réunion seront déployées d'ici fin 2017.



Hauteur significative des vagues de la mer totale (m) de WW3 le 16/09/2010 à 12 h UTC sur la Guadeloupe. *Les flèches violettes représentent la direction de la houle, issue du cyclone* Igor *(catégorie 4) circulant à 600 km au nord-est. Les variations de hauteur reflètent les effets du déferlement et de la dissipation d'énergie due à la réfraction et au fond marin.*

Mieux comprendre et prévoir les phénomènes à fort enjeu

Épisodes méditerranéens : le programme HYMEX

Comprendre le cycle de l'eau en Méditerranée est essentiel pour améliorer la prévision des risques hydrométéorologiques sur le pourtour méditerranéen. Lancé en 2010 pour mieux prévoir les événements extrêmes sur cette région, le programme HYMEX, coordonné par Météo-France et le CNRS, a livré une série de résultats issus de l'analyse des observations récoltées lors de la campagne de mesures intensives de 2012 au cours de laquelle plus de 200 instruments (avions, navires, ballons, radiosondages, gliders, bouées et flotteurs, radars, profileurs de vent, etc.) avaient été déployés. Après trois années d'analyse, les principaux résultats ont en effet été publiés en août 2016 dans un numéro spécial de la revue scientifique *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.* Une série de 31 articles, coordonnée par Véronique Ducrocq, chercheur à Météo-France, en collaboration avec le CNRS et des laboratoires de recherche italiens, espagnol, allemand et suisse, présente un large éventail de résultats et d'avancées sur la compréhension des épisodes méditerranéens, leur prévision à différentes échéances temporelles et leur observation.

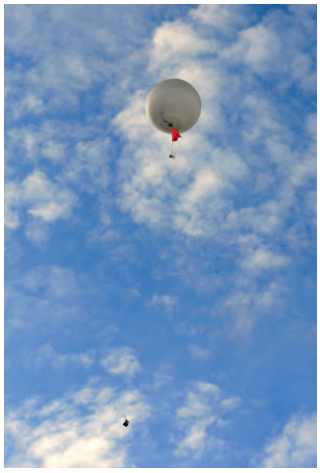
Pour en savoir plus :
www.meteofrance.fr/espace-presse/39805993-comprendre-observer-et-prevoir-les-episodes-mediterraneens-hymex-livre-ses-premiers-resultats

Les observations réalisées dans le cadre du programme, à l'automne 2012, ont aussi permis de suivre le développement de plusieurs cas de fortes pluies dans le Var. Afin de mieux comprendre les processus physiques en jeu, des simulations numériques de ces épisodes ont été effectuées avec le modèle de recherche développé par la communauté scientifique française, Méso-NH, à une résolution horizontale kilométrique, et confrontées aux observations de la campagne de mesures HYMEX. Cette comparaison a montré le réalisme des précipitations simulées et des processus convectifs associés. Ces travaux ont également permis d'expliquer la localisation des pluies fortes, en identifiant les rôles respectifs du flux marin humide près de la surface, surmonté de possibles couches d'air sec, des reliefs du pourtour méditerranéen et des îles, et enfin des processus convectifs.

Pour progresser encore dans la compréhension de ces processus, les travaux de recherche poursuivis au CNRM dans le cadre du programme HYMEX et du projet ANR MUSIC simulent désormais cette région à une résolution particulièrement élevée. Les premières simulations à 150 m de résolution horizontale sont en cours d'analyse. Ces travaux vont servir de référence pour améliorer les modélisations des phénomènes convectifs dans les systèmes de prévision numérique de Météo-France et préparer de futures versions de ces systèmes à des résolutions sub-kilométriques.

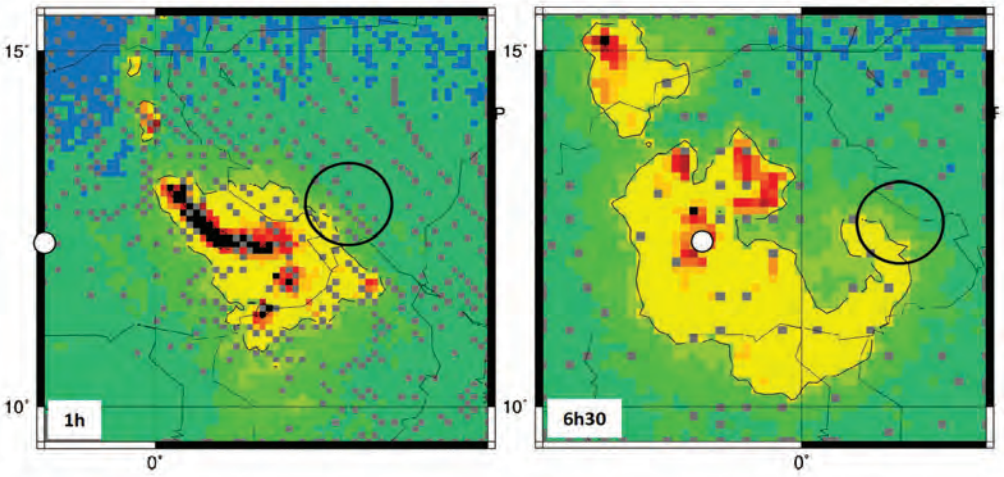
Pour en savoir plus :
www.agence-nationale-recherche.fr/?Projet=ANR-14-CE01-0014

et www.hymex.org/



Lâcher de ballon durant la campagne HYMEX les 25-26 novembre 2012 à Montpellier. © Météo-France, Pascal Taburet.

Intensité des précipitations à Ouagadougou, le 1er septembre 2009, à 1 h et à 6 h 30.



Pluies extrêmes en Afrique : le programme THORPEX

L'Afrique est régulièrement affectée par des événements météorologiques extrêmes à fort impact. Un défi important est de mieux comprendre ces événements, d'étudier leur prédictibilité et de les prévoir. Le programme THORPEX *(The Observing System Research and Predictability Experiment)* de l'OMM, auquel contribue Météo-France, a choisi comme objet d'étude pour l'Afrique de l'Ouest l'événement extrême de pluie qui a frappé Ouagadougou, au Burkina Faso, le 1er septembre 2009. On y avait alors enregistré un cumul record absolu pour le Sahel de 263 mm, occasionnant d'importants dégâts matériels et humains. En collaboration avec les prévisionnistes du Sénégal (ANACIM), une analyse multi-échelle détaillée de ce cas a été menée. Elle a montré que cet événement ne correspondait pas aux lignes de grains observées habituellement sur le Sahel, associées à d'intenses précipitations et rafales de vent, mais qui se propagent trop vite pour générer de forts cumuls de précipitations.

Dans la nuit précédant cet événement, un tourbillon cyclonique de mésoéchelle avait fait pivoter une ligne de grains initiale pour la transformer en un système précipitant tourbillonnaire plus large, en forme de virgule, se déplaçant lentement au-dessus de Ouagadougou. L'étude a permis d'identifier les facteurs favorables à la survenue de cet événement extrême, notamment le passage d'un train d'ondes d'est combiné à une forte et large anomalie humide initiée sur l'Afrique de l'Est. À plus grande échelle, l'interaction entre plusieurs ondes équatoriales a été mise en évidence, favorisant l'occurrence de ce type d'événement. L'identification et la compréhension de l'ensemble de ces facteurs favorables démontrent la prédictabilité de ces événements et donc notre capacité à les prévoir à terme.

Pour en savoir plus :
www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/thorpex_new.html

Des campagnes de mesure pour mieux comprendre la formation du brouillard

Le brouillard a un impact important sur la sécurité des personnes et sur l'économie, notamment dans le domaine du transport aérien. Sur les aéroports par exemple, il affecte les horaires d'atterrissage et de décollage des avions. Mais la prévision de la localisation et du cycle de vie des couches de brouillard reste difficile car elle nécessite de prendre en compte ses propriétés microscopiques. Pour améliorer la modélisation et la prévision du brouillard, Météo-France a mené deux campagnes de mesure durant les automnes 2015 et 2016, en collaboration avec l'IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire). Réalisées à la station atmosphérique de l'Observatoire pérenne de l'environnement, à Houdelaincourt (Meuse), via un important dispositif instrumental, elles répondaient aux objectifs suivants :

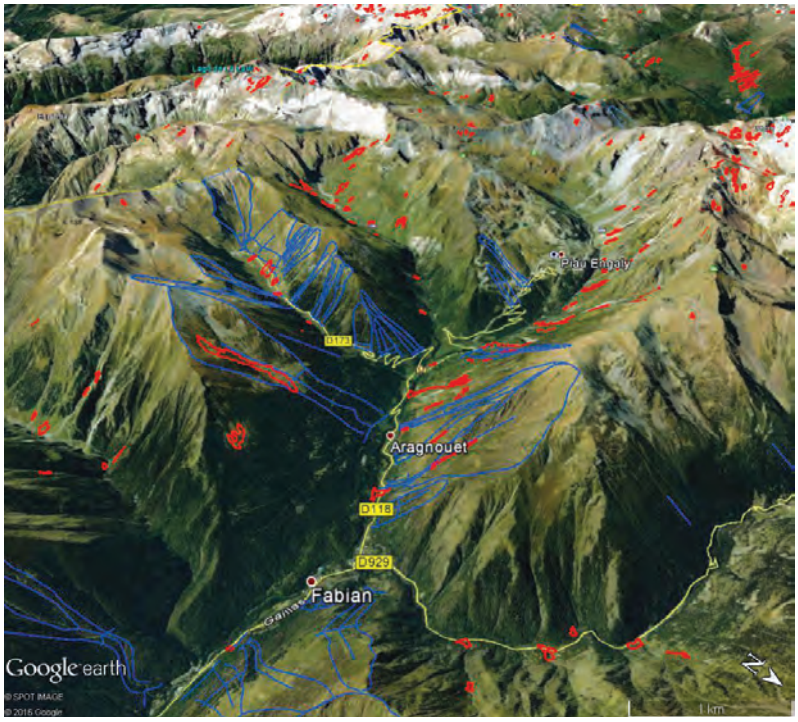
• documenter les caractéristiques du profil vertical des propriétés microphysiques du brouillard (nombre et dimension des gouttelettes d'eau, contenu en eau liquide et visibilité) pour contraindre et valider les simulations numériques ;

• évaluer l'apport de l'assimilation des profils de température et d'humidité fournis par les radiomètres micro-ondes pour la prévision du brouillard ;

• prendre en compte le dépôt turbulent d'eau liquide sur la végétation qui n'est actuellement pas pris en compte dans les modèles.

Des capteurs ont été installés à différents niveaux d'altitude (2, 10, 50 et 120 m) et des profils verticaux réalisés *in situ* jusqu'à 500 m avec un ballon captif. Ces données vont permettre d'explorer la variabilité des différents paramètres dans toute la couche de brouillard et à terme d'améliorer la représentation du brouillard dans les modèles numériques.

Lâcher de radiosondage pendant la campagne de mesure du brouillard, en automne 2015, dans la Meuse. © Météo-France, Fréderic Burnet



Cartographie de dépôts d'avalanches près d'Aragnouet dans les Pyrénées, en mars 2015.

Avalanches : exploiter les données satellitaires

La localisation et l'estimation de la taille des dépôts avalancheux sont d'une grande importance pour les études sur la stabilité du manteau neigeux. Elles permettent d'évaluer et d'améliorer les modèles physiques de prévision du risque d'avalanche et ainsi de mieux identifier les zones et les périodes à risque. À plus long terme, disposer de telles observations homogènes serait également précieux pour étudier l'évolution de l'activité avalancheuse naturelle en lien avec le changement climatique. Or, les bases de données actuelles sont principalement constituées de simples observations visuelles effectuées sur le territoire.

Depuis 2016, Météo-France exploite des données satellitaires haute résolution pour l'étude du manteau neigeux et des avalanches en particulier. Les satellites Sentinel-1, opérés par l'Agence spatiale européenne, permettent désormais d'étudier le manteau neigeux à une résolution spatio-temporelle compatible avec la télédétection des dépôts avalancheux. Le duo Sentinel-1A (lancé en 2014) et Sentinel-1B (lancé en 2016) observe les massifs français à l'aide d'un radar à synthèse d'ouverture (SAR, *Synthetic Aperture Radar*) en bande-C ayant une empreinte au sol d'une largeur de 20 m et une répétitivité de 6 jours. À l'endroit où s'est produite une avalanche, la neige présente des caractéristiques (hauteur, densité, rugosité...) différentes de celles observées aux alentours, ce qui modifie sa signature dans les mesures SAR. La détection est faite grâce aux importantes variations des coefficients de rétrodiffusion qui en découlent.

Un algorithme de détection des avalanches a été développé cette année par Météo-France et testé avec succès dans les Alpes et les Pyrénées et pourrait être automatisé dans un futur proche.
Une base de données cartographique des dépôts avalancheux est par ailleurs en construction à partir des ces résultats (identification des événements depuis l'hiver 2014-2015). Elle offrira un atout majeur pour l'amélioration des prévisions, notamment lors des événements de vigilance rouge ou orange.

Quantifier les incertitudes associées aux prévisions : un enjeu pour demain

La prévision d'ensemble : quels apports ?

Les exigences des utilisateurs des services de Météo-France sont de plus en plus grandes en ce qui concerne la précision temporelle et spatiale des prévisions. Elles poussent l'établissement à améliorer en permanence ses systèmes de prévision, notamment son modèle à maille fine.
Toutefois, compte tenu des erreurs inhérentes aux mesures et aux calculs de prévision numérique, et même si ces dernières diminuent régulièrement, une part d'incertitude subsiste et continuera à subsister dans les prévisions, y compris à courte échéance. Un des défis est ainsi aujourd'hui de quantifier cette incertitude.
Celle-ci peut être déterminée par la méthode dite de prévision d'ensemble. Elle consiste à effectuer non pas un seul calcul de prévision mais plusieurs, en variant les hypothèses de départ dans la limite des erreurs de mesure ou de modélisation. Les résultats des différentes simulations dessinent le spectre des scénarios possibles et renseignent sur la probabilité de chacun. S'ils sont tous identiques, la confiance dans la prévision est élevée. Si au contraire la dispersion est importante, la prévision est incertaine. Les scénarios de prévision sont alors déclinés/classés par ordre de probabilité décroissante.
Météo-France applique déjà cette méthode à la prévision du temps et s'attache à la développer pour d'autres phénomènes : avalanches, surcotes, crues rapides.

Mieux anticiper les crues rapides méditerranéennes grâce à la prévision d'ensemble

Prévoir la localisation et l'intensité des fortes pluies qui surviennent sur les régions méditerranéennes ainsi que la réponse hydrologique des bassins concernés constitue un défi scientifique majeur.
Une approche intégrée originale, considérant les incertitudes de prévision météorologique et hydrologique, est développée depuis 2007 au Centre de recherche de Météo-France pour prévoir le débit de rivières à réaction rapide. Elle tire parti des scénarios de pluies issus du système de prévision d'ensemble à résolution kilométrique AROME. Pour la simulation hydrologique, elle s'appuie sur une méthode de perturbation de l'humidité initiale des sols et des paramètres sensibles du modèle hydrologique ISBA-TOP, dédié à la simulation des crues rapides, afin d'obtenir un ensemble hydrologique.
Ce système de prévision d'ensemble des débits permet d'augmenter le délai d'anticipation des crues éclair et de renseigner sur l'incertitude qui affecte la prévision.
Les perspectives de travail concernent maintenant des échéances très courtes de prévision de l'ordre de 3-4 heures, délai d'anticipation pertinent pour l'intervention des services de secours en situation de crise.

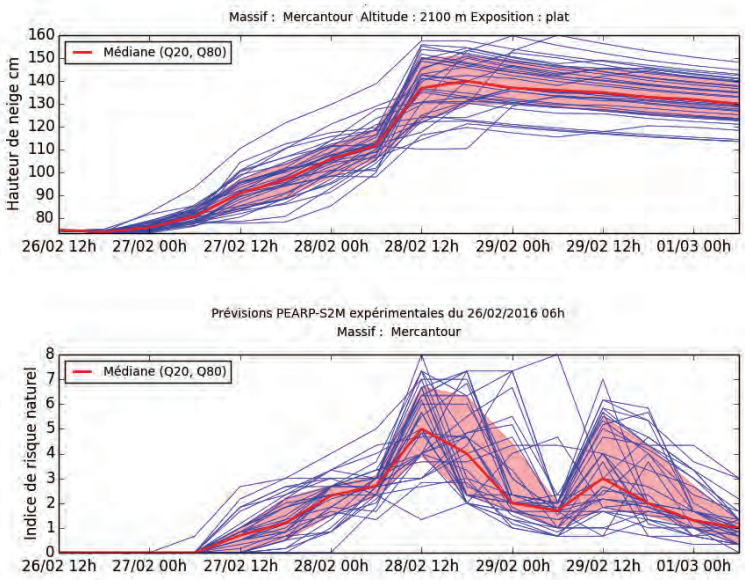
Prévision d'ensemble du risque d'avalanches : une première mondiale

Prévoir l'évolution du manteau neigeux est complexe. Ce dernier est en effet très sensible aux conditions météorologiques et à de nombreux effets de seuils, comme la variation de la limite pluie-neige.

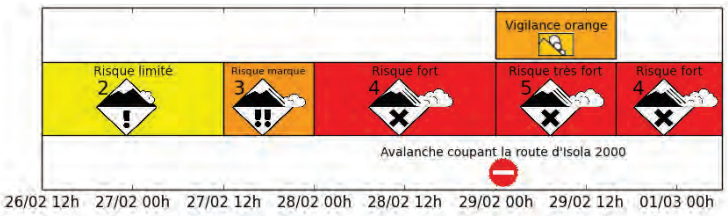
La chaîne de modélisation nivologique S2M (SAFRAN - SURFEX/ISBA-Crocus - MEPRA), alimentée par des prévisions météorologiques du modèle ARPEGE, contribue à l'élaboration de la prévision du risque d'avalanche pour le lendemain (Bulletins d'estimation du risque d'avalanche, vigilance avalanche). Sa fiabilité varie avec les situations.

Pour estimer de manière objective la confiance que le prévisionniste peut accorder à une prévision donnée à un instant donné, et en vue de repousser l'échéance de prévision, le Centre d'études de la neige (Météo-France/CNRS) a développé un système de prévision numérique nivologique « d'ensemble » : une première mondiale. Ce nouveau système, alimenté par la prévision d'ensemble ARPEGE, a été testé en temps réel pendant l'hiver 2015-2016. Il améliore la fiabilité globale des simulations et l'anticipation des phénomènes à enjeu, y compris pour des échéances de 3 à 4 jours.

Prévisions PEARP-S2M *initialisées le 26/02/2016, en termes de hauteur de neige et d'indice synthétique des risques de déclenchement spontané d'avalanche (de 0 à 8). Ces prévisions ont permis une bonne anticipation des abondantes chutes de neige qui ont effectivement été observées sur le massif du Mercantour (entre 50 et 80 cm en 48 h) ainsi que des risques d'avalanches associés. La dispersion augmente au-delà de 2 jours d'échéance, en raison d'une incertitude sur la chronologie de l'activité de cette perturbation de type « retour d'Est ».* © Météo-France



Chronologie de l'événement sur le massif du Mercantour : *carte de vigilance, indices de risque des Bulletins d'estimation du risque d'avalanche, et événement marquant.* © Météo-France



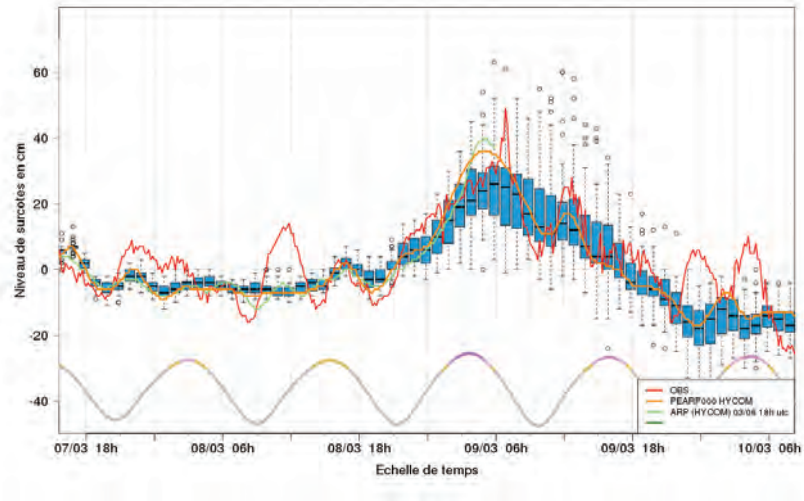
Des prévisions probabilistes des surcotes

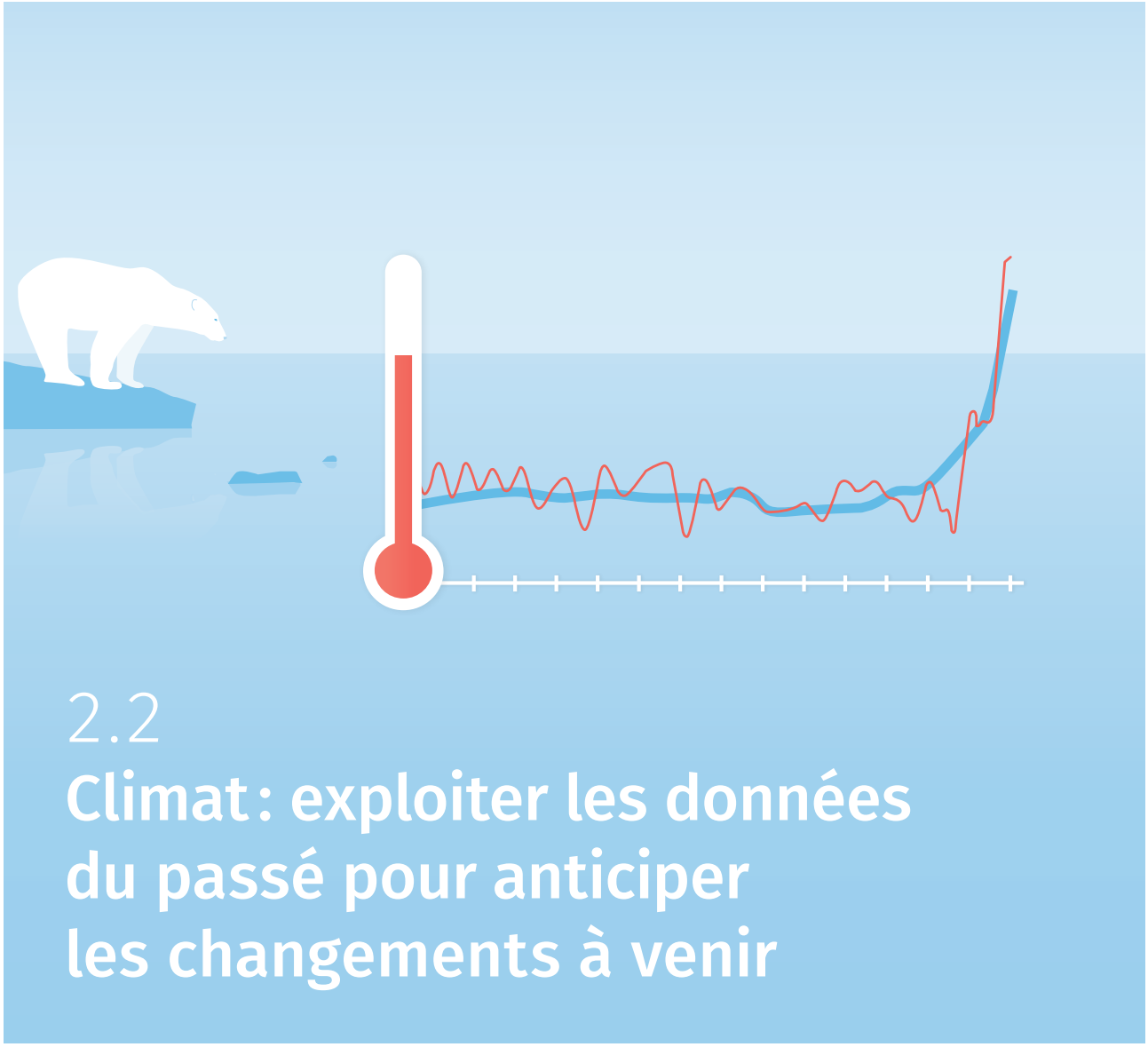
Prévoir au mieux les niveaux marins est un enjeu important pour la vigilance « Vague Submersion » mise en place depuis octobre 2011. Le projet HOMONIM (Historique, observation, modélisation des niveaux marins), mené avec le Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM), sous maîtrise d'ouvrage de la DGPR et de la DGSCGC, vise à améliorer les capacités de prévision des submersions marines. Dans ce cadre, Météo-France a développé un modèle de surcotes, utilisé depuis janvier 2014. Une nouvelle version, probabiliste, a depuis été mise au point. Elle est opérationnelle depuis le 5 juillet 2016.

Cette prévision d'ensemble de surcotes utilise deux fois par jour les paramètres vent et pression de la prévision d'ensemble ARPEGE comme autant de forçages atmosphériques pour le modèle de surcote déterministe.

Les travaux sur cette application se prolongeront avec l'optimisation de la visualisation des résultats (graphiques, calculs dérivés pour faciliter la prise de décision) et l'utilisation d'autres prévisions d'ensemble atmosphériques comme celles basées sur le modèle AROME de Météo-France ou sur le modèle IFS développé par le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme.

Graphe temporel de prévision d'ensemble de surcotes pour La Rochelle lors de la tempête Doris du 9 mars 2016, lancée le 6 mars à 18 UTC.
L'observation de la surcote est indiquée par la courbe en trait continu rouge, alors que la prévision d'ensemble de surcotes est affichée sous la forme de boîtes à moustache. La courbe orange représente le membre non perturbé de l'ensemble et la courbe verte la prévision déterministe lancée le 6 mars à 18 UTC.
© Météo-France





2.2

Climat : exploiter les données du passé pour anticiper les changements à venir

Canicule à Paris à l'été 2012. © Météo-France, Pascal Taburet.

Étudier les événements climatiques extrêmes

La fréquence d'apparition des événements climatiques extrêmes a t-elle été modifiée au cours des dernières décennies ? Comment évoluera t-elle en climat futur ? Dans quelle mesure un événement extrême singulier peut-il être imputé au changement climatique d'origine anthropique ? Achevé en 2016, le projet EXTREMOSCOPE visait à faire progresser la compréhension des liens entre intensité ou occurrence des extrêmes climatiques en France et changement climatique.

Les précipitations intenses et inondations de mai/juin 2016 dans le bassin de la Seine et les vagues de chaleur tardives de l'été 2016 comptent parmi les événements étudiés dans le cadre du projet. Les outils et diagnostics élaborés ont, par exemple, permis de montrer que les températures très chaudes observées du 16 août au 15 septembre 2016, classiques des grandes vagues de chaleur de milieu d'été, étaient tout à fait exceptionnelles en cette période de l'année. Un tel événement, qui avait une probabilité pratiquement nulle de se produire dans le climat de 1971-2000, a désormais une durée de retour de l'ordre de quelques décennies et pourrait devenir courant en climat futur.

Les résultats d'EXTREMOSCOPE ont vocation à être intégrés dans l'ensemble des services climatiques existants développés par la communauté de recherche climatique française (portail DRIAS notamment) ou en cours de développement.

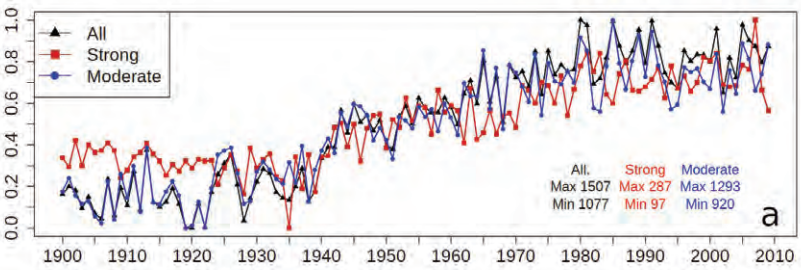
Analyse des tempêtes en Europe du Nord au XXe siècle

Connaître l'évolution des tempêtes affectant l'Europe et la France est un enjeu majeur dans le contexte du changement climatique.

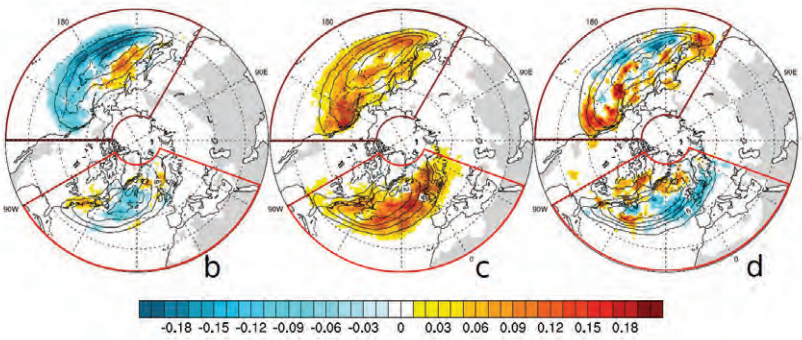
Dans le cadre d'une thèse cofinancée par le réassureur SCOR et Météo-France, la variabilité des tempêtes hivernales a été étudiée grâce à une méthode automatique d'identification et de suivi des systèmes dépressionnaires présents dans la dernière réanalyse du CEPMMT, ERA 20C. Une importante variabilité multi-décennale a été mise en évidence, avec une forte augmentation de la fréquence des tempêtes les plus fortes entre 1936 et 1980, tandis qu'au début du siècle et depuis 1980 la tendance est plutôt à la stagnation, avec des disparités régionales importantes.

L'augmentation entre 1936 et 1980 peut s'expliquer par une forte extension de la glace de mer arctique et un refroidissement des latitudes polaires : cette configuration conduit en effet à une augmentation des contrastes thermique nord-sud et de l'intensité des jets d'ouest, qui favorisent la naissance et la croissance des tempêtes. Les deux autres périodes, caractérisées par une diminution de l'extension de la glace de mer et un fort réchauffement des latitudes polaires, montrent des réponses assez différentes notamment sur le bassin atlantique. La période la plus récente, entre 1980 et 2009, est marquée par une activité élevée et une diminution des événements sur le nord-ouest de l'Europe (au sud du rail des dépressions).

Taux du nombre des tempêtes par année au cours du XXe siècle,
en fonction de leur intensité (modérée en bleu, forte en rouge, toutes en noir).



Densité *(isolignes noires) des plus fortes dépressions et tendances au cours de la période considérée (en plages de couleurs). De gauche à droite : 1900-1936 ; 1936-1980 ; 1980-2009.*

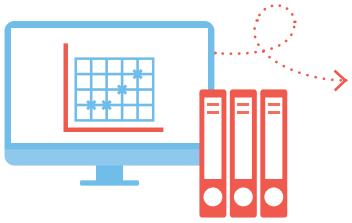


Tempêtes en France métropolitaine
En métropole, les tempêtes font partie des événements extrêmes aux conséquences les plus dramatiques. Suite à la tempête *Xynthia* en 2010, Météo-France a lancé un vaste programme d'étude climatologique sur ces phénomènes, avec notamment pour objectif la mise en ligne d'un site Internet mettant à disposition des données climatologiques et connaissances sur ce phénomène. Ouverte fin 2016, la plateforme **tempetes.meteofrance.fr** donne accès à trois bases de données interactives, inédites, recensant 280 tempêtes analysées depuis 1980, à la résolution de 2,5 km, 90 fiches détaillées sur des tempêtes historiques depuis 1703 et des statistiques sur les vents forts, pour 70 stations météorologiques professionnelles, régulièrement réparties sur le territoire. Elle propose également des articles sur les origines des tempêtes, les outils et méthodes pour les analyser et leur caractéristiques climatologiques en lien avec le changement climatique.

Plus de

650 000

images de tableaux d'observations météo numérisées



Des données météorologiques inédites mises à disposition des scientifiques

Lancé en 2012, le projet « Accès aux archives du climat », mené avec les Archives nationales grâce au soutien financier de la Fondation BNP-Paribas, s'est terminé en 2016. L'objectif était de mettre à disposition des scientifiques des données météorologiques inédites afin de constituer de nouvelles séries centenaires, de reconstruire des extrêmes passés et de fournir des données pour alimenter les réanalyses climatiques.

Ce projet a permis d'inventorier et d'analyser plus du tiers du fonds historique de la météorologie française versé par les services de climatologie depuis 1976, et de proposer la consultation de ces inventaires depuis le site Internet des Archives nationales (www.siv.archives-nationales.culture.gouv.fr). Plus de 650 000 images de tableaux d'observations météorologiques, issues d'archives du réseau d'observations météorologiques remontant au XIXe siècle, ont également été numérisées, afin de favoriser l'accès à ce patrimoine d'exception.

Évolution du modèle d'étude de la ressource en eau et des impacts de la sécheresse

Météo-France utilise la chaîne de modélisation hydrométéorologique SIM pour simuler les échanges entre le sol et l'atmosphère et l'évolution du niveau des rivières et des nappes depuis 2003. SIM est composé de 3 modules interfacés : SAFRAN (qui analyse les paramètres météorologiques de surface), ISBA (qui calcule les échanges d'eau et d'énergie entre le sol et l'atmosphère et le contenu en eau des sols) et enfin MODCOU (qui détermine le niveau des nappes souterraines et le débit des principaux cours d'eau français). En septembre 2016, cette chaîne a connu une évolution importante avec le remplacement d'ISBA par le modèle SURFEX, avec à la clef plusieurs améliorations : meilleure analyse du rayonnement infrarouge atmosphérique, discrétisation plus fine des couches du sol permettant l'utilisation d'un schéma diffusif, utilisation de « patchs » pour simuler plusieurs types de végétation au sein d'une même maille du modèle. Un soin particulier a été apporté aux zones de relief en simulant l'effet du relief sous-maille sur l'enneigement. Enfin, l'hydrologie souterraine est désormais prise en compte dans les régions où MODCOU ne simule pas les nappes. Ces améliorations du modèle se traduisent par une simulation (en temps réel et pour les 50 dernières années) plus réaliste de l'humidité des sols, de l'enneigement des massifs montagneux et des débits des grands cours d'eau français.

Une nouvelle version du modèle ARPEGE-Climat pour le prochain exercice du GIEC

Le modèle de circulation générale atmosphérique, ARPEGE-Climat, est une composante centrale du modèle de climat du Centre de recherche de Météo-France (CNRM). Fin 2016, la version 6 de ce modèle a été finalisée en vue de son couplage avec un modèle d'océan et de banquise. Elle servira de base à la contribution du CNRM au projet international d'inter-comparaison de modèles couplés de climat CMIP-6, dont les résultats alimenteront le 6e rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Cette version inclut de nombreux développements, menés au CNRM depuis une décennie :

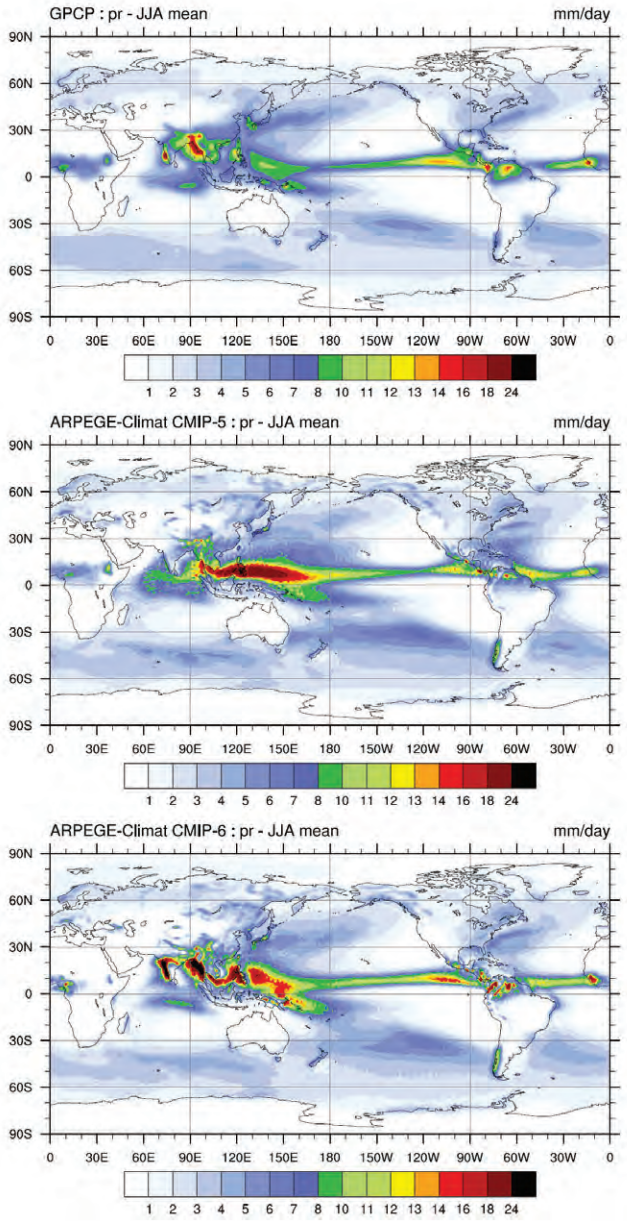
• un nouveau schéma de convection, couplé à une microphysique nuageuse détaillée, qui traite de manière continue les convections profondes et peu profondes ;

• le schéma de turbulence représente mieux les couches limites ;

• celui représentant les surfaces continentales décrit désormais les processus liés aux aquifères et aux plaines d'inondation ;

• enfin, la représentation des ondes de gravité non orographiques permet la prise en compte des sources liées à la convection profonde et à la formation des fronts atmosphériques.

Par rapport à la version précédente mise en œuvre dans CMIP-5, le modèle simule par exemple de manière nettement plus réaliste la distribution des pluies tropicales (avec une excellente simulation de la mousson asiatique en été, *cf.* illustration) ou celle des cumulus sur les océans tropicaux et des stratocumulus sur le bord est des océans subtropicaux.
La représentation de la stratosphère est elle aussi grandement améliorée, avec pour la première fois une simulation réaliste de l'Oscillation quasi biennale, cette variation périodique de la direction des vents dans la stratosphère équatoriale.



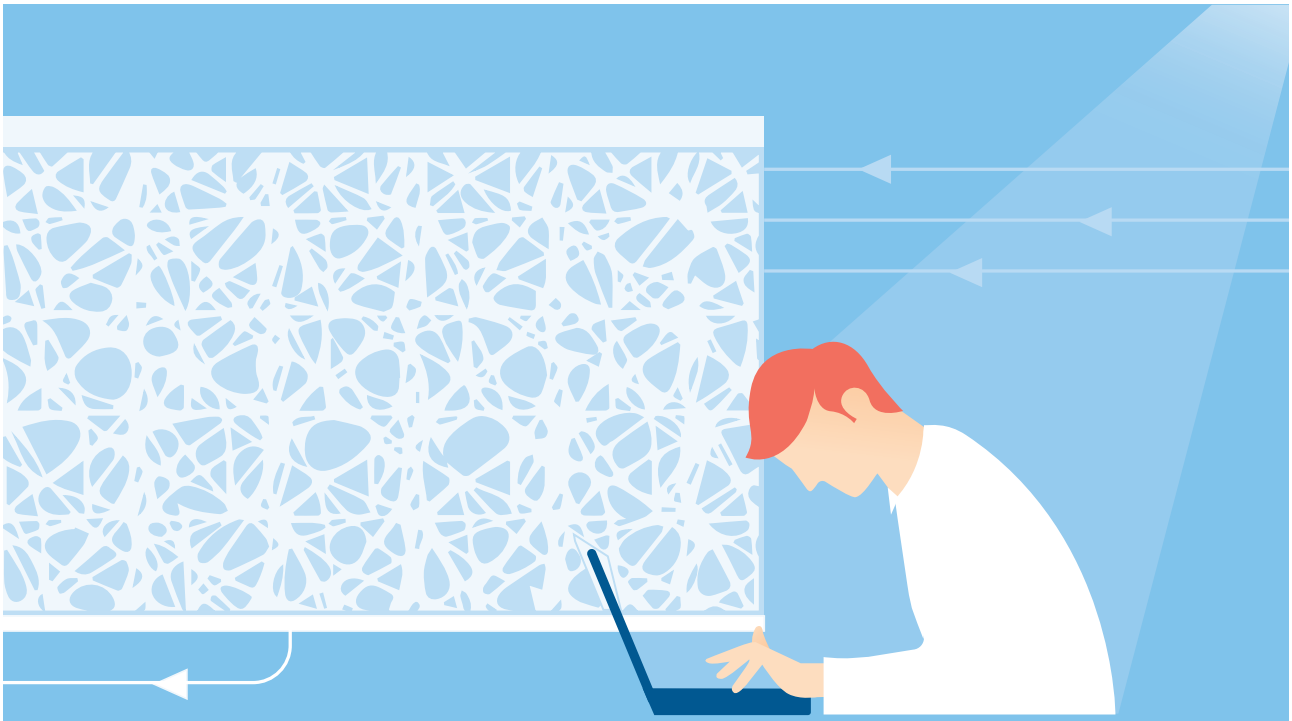
Précipitation moyenne (mm/jour) pour la période 1979-2008 et la saison juin-juillet-août :
• pour le produit GPCP (haut)
• et pour des simulations avec ARPEGE-Climat version CMIP-5 (milieu) et ARPEGE-Climat version CMIP-6 (bas) réalisées en prescrivant des températures océaniques observées.
© Météo-France

Station mobile et portable pendant la campagne de mesures EUREQUA à Paris, Porte de Bagnolet, en automne 2013. © Météo-France, Pascal Taburet.

Évaluer la qualité environnementale des quartiers pour les processus de requalification urbaine

Le projet EUREQUA vise à interroger la qualité environnementale à l'échelle du quartier en croisant deux approches : la mesure de paramètres environnementaux et les perceptions et représentations des habitants et des usagers du quartier. L'équipe du projet travaille sur trois quartiers à forts enjeux environnementaux à Toulouse, Paris et Marseille. Le terrain principal est un quartier toulousain soumis à d'importantes nuisances sonores et de pollutions atmosphériques liées au trafic routier. Des parcours instrumentés et commentés ont eu lieu en janvier, avril et juin 2014. En différents lieux du quartier, une enquête a été menée auprès des habitants pour évaluer plusieurs critères : confort climatique, ambiance sonore et qualité de l'air. Simultanément à ces enquêtes, les scientifiques ont collecté des mesures mobiles de microclimat, qualité de l'air et acoustique.

Par des approches statistiques, ces données sont analysées pour comprendre sur quels critères les habitants fondent l'évaluation de la qualité environnementale de leurs lieux de vie et s'il existe une adéquation entre mesures et perceptions.
Sur la base de cette expérience, les chercheurs réfléchissent avec les acteurs de l'urbanisme à la conception d'une démarche d'aide à la requalification urbaine, fondée sur la participation habitante et mobilisant une expertise interdisciplinaire. Il s'agit en particulier de proposer un protocole allégé de diagnostic prospectif sur la base d'enquêtes et de mesures, qui soit simple à mettre en œuvre par les acteurs, et pouvant être enrichi de mesures plus spécifiques.
Le projet s'achèvera en 2017 avec l'organisation d'un colloque international « Qualité environnementale urbaine : approches interdisciplinaires et participatives », les 23-24 février à Toulouse.



2.3

Des infrastructures et outils à la pointe

Les activités météorologiques s'appuient sur des infrastructures spécifiques qui intéressent l'observation météorologique, d'une part, et l'informatique et les télécommunications, d'autre part. En 2016, l'établissement a fait évoluer certaines d'entre elles : renouvellement du radar de Treillières près de Nantes, mise en place des systèmes de radiosondage automatique à Nouméa et à Brest, déploiement d'environ 150 stations automatiques Mercury de mesure au sol, renouvellement des dispositifs de concentration des mesures outre-mer et, sur les domaines Antilles-Guyane et océan Indien, fourniture de données de détection de la foudre...

L'année a également été marquée par des réalisations importantes dans le domaine des produits radars, de la puissance de calcul et des systèmes d'observation aéroportés et satellitaires.

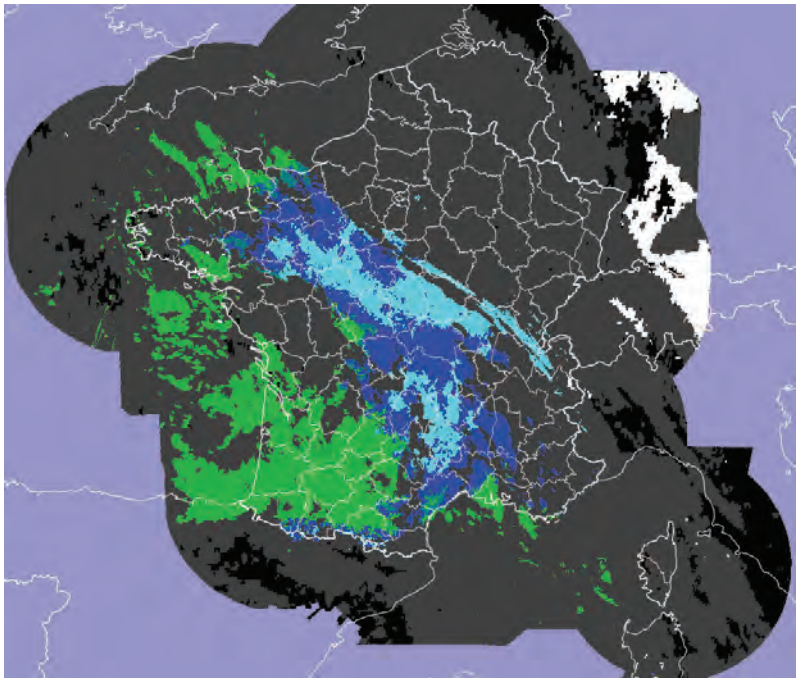
Un nouveau produit d'observation pour la neige et la grêle

Une nouvelle version du logiciel calculateur radar a été déployée en 2016. Elle affine la détermination du type d'écho radar en introduisant une classification des hydrométéores atteignant le sol (pluie, pluie verglaçante, pluie et neige mêlée, neige, grêle...) sur l'ensemble du réseau radar de Météo-France.

Cette nouvelle information, basée sur une utilisation avancée de la technologie de la double polarisation, est une donnée d'entrée essentielle du produit HYDRE, opérationnel depuis la fin de l'année.

Actualisé toutes les 5 minutes et de résolution kilomètrique, HYDRE permet aux prévisionnistes de mieux appréhender les situations hivernales critiques ainsi que les cas de grêle en France métropolitaine. Il facilite le signalement et la discrimination des hydrométéores.

Installation du radar de Treillières, près de Nantes. © Météo-France



Discrimination des hydrométéores au sol HYDRE pour le 18 janvier 2016 à midi: pluie (vert), neige (bleu), pluie et de la neige mêlées (turquoise). La couleur bleu ciel indique des chutes de neige tenant au sol, la couleur blanche de la neige visible au sol par satellite. © Météo-France

Le supercalculateur Bull installé au Centre national de calcul de Météo-France à Toulouse.
© Météo-France, Jean-Marc Destruel.

Une puissance de calcul accrue d'un facteur 3

Le contrat avec la société Bull, qui couvre la période 2013-2019, prévoyait deux phases pour l'évolution des capacités de calcul intensif de l'établissement : la première en début de contrat, avec l'installation et la mise en service de deux calculateurs sur les sites de la Météopole et de l'Espace Clément Ader de Toulouse, et la seconde en 2016, cette dernière conduisant à l'installation d'une puissance de calcul trois fois supérieure à celle de phase 1.

Les travaux d'installation de la configuration de phase 2 se sont déroulés selon le calendrier prévu, en début d'année 2016 à l'Espace Clément Ader, et en milieu d'année au Centre national de calcul de la Météopole. Le système de stockage associé a, quant à lui, connu une extension spécifique pour suivre l'augmentation de la puissance de calcul.

Conformément aux objectifs fixés dans le Contrat d'objectifs et de performance 2012-2016, Météo-France est doté de moyens de calcul compétitifs par rapport à la plupart de ses grands homologues étrangers, lui permettant de mener des travaux de recherche à haut niveau et de transférer leurs résultats dans l'activité opérationnelle. Parmi les nombreuses applications bénéficiaires de ce surcroît de puissance de calcul : la prévision d'ensemble AROME désormais opérationnelle et la participation à l'exercice international d'intercomparaison des scénarios climatiques CMIP6 mené dans le cadre du GIEC.

Des drones pour l'observation météorologique

Le Centre de recherche de Météo-France est porteur d'un nouveau projet d'étude de l'atmosphère à basse altitude, à l'aide de drones instrumentés : MIRIAD (système de Mesures scientifiques de flux de surface en milieu maritime embarqué sur drone). Il est mené en partenariat avec le Laboratoire d'Aérologie de l'Observatoire Midi-Pyrénées et la société toulousaine AJS* et est soutenu par la région Occitanie et l'Union européenne.

L'objectif est d'effectuer des mesures à très basse altitude au-dessus de la mer avec des drones de taille moyenne (environ 25 kg) pour documenter les caractéristiques détaillées de l'atmosphère (température, humidité, vent, rayonnement et aérosols marins) et mieux comprendre les échanges entre mer et atmosphère. Ces travaux de recherche contribueront à améliorer les modèles de climat et de prévision du temps. Les drones Boréal mis au point par AJS sont des appareils de 4 m d'envergure qui peuvent voler pendant 10 heures, parcourir 1000 km et embarquer 5 kg d'instrumentation. Dotés de radars altimétriques, ils pourront réaliser des vols autonomes à très basse altitude au-dessus de la mer (jusqu'à 10 m dans des conditions favorables) pour caractériser les échanges dans cette zone d'interface jusqu'à présent inaccessible aux mesures. En 2016, ces radars altimétriques ont été intégrés et testés avec succès le long des côtes Aquitaine, à Monthalivet. À l'issu du projet fin 2018, Météo-France mettra en œuvre ce type de drone par l'intermédiaire de l'unité mixte de service SAFIRE.

10h
d'autonomie de vol

* AJS, société privée basée dans la région toulousaine et membre du pôle Aerospace Valley, est spécialisée dans le développement et la construction de systèmes de drones à grandes capacités.

Drone conçu par la société AJS et équipé de capteurs dynamiques et de compteurs d'aérosols, permettant d'étudier les échanges entre la mer et l'atmosphère et d'améliorer les modèles climatiques dans le cadre du projet MIRIAD. © Sébastien Barrau

Avions instrumentés : soutenir la recherche française et européenne

L'infrastructure de recherche SAFIRE (Service des avions français instrumentés pour la recherche en environnement), financée par Météo-France, le CNRS et le CNES, opère les avions français de recherche sur l'environnement. Elle réalise des campagnes de mesures pour faire progresser la connaissance des processus et la maîtrise des risques associés.

Contribution française à l'infrastructure européenne intégrée EUFAR *(European Facility for Airborne Research)*, SAFIRE accueille régulièrement des scientifiques de différents pays d'Europe. En 2016, les discussions avec les différents partenaires européens ont permis d'établir les statuts d'une association internationale sans but lucratif qui fonctionnera à partir de 2017. Sa mission sera de faciliter les accès transnationaux aux avions et de rationnaliser la flotte européenne d'avions de recherche. Dans ce contexte, la réflexion se poursuit pour définir la stratégie optimale d'évolution à long terme de la flotte française.

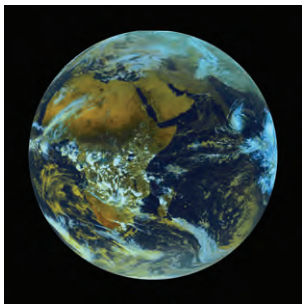
Un projet d'acquisition d'un nouveau jet de performances supérieures à l'actuel Falcon 20 de SAFIRE (à l'horizon 2020) est en discussion entre les organismes soutenant SAFIRE et leurs ministères de tutelle. Le développement de solutions « drones » pour les vols en basses couches est également en cours d'étude.

Principales réalisations de 2016 :

• projet DACCIWA en Afrique subsaharienne : documenter les aérosols émis par les activités humaines et leur impact sur les propriétés des nuages et sur le climat ;

• projet EPATAN, contribution française au *World Weather Research Programme* de l'OMM : étude de la formation des tempêtes sur l'Atlantique ;

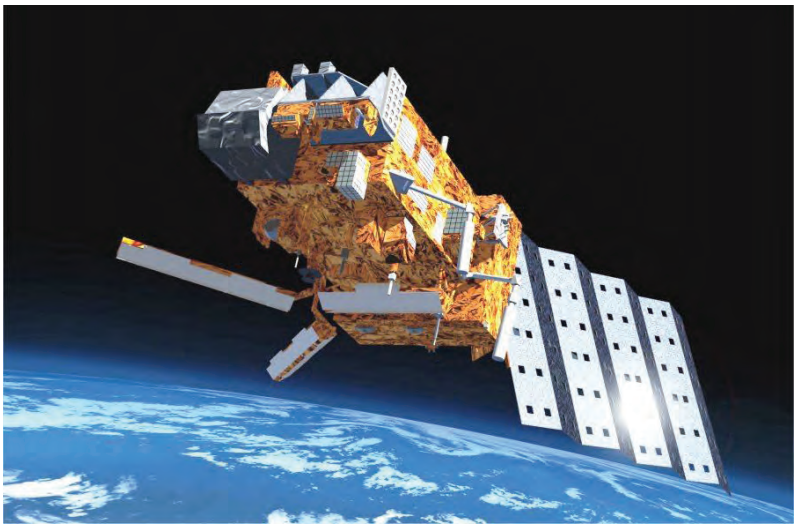
• développement d'une collaboration avec l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA) pour développer des capacités d'observation des surfaces continentales.



Composition colorée au-dessus de l'océan Indien par Meteosat-8 du 12/12/2016 à 12 h UTC.
© Météo-France

Un nouveau satellite pour la veille cyclonique dans l'océan Indien

En 2017, le satellite Meteosat-8, premier satellite de la constellation Meteosat de seconde génération (MSG), prendra la suite de Meteosat-7, qui assure depuis une vingtaine d'années la surveillance de l'océan Indien. En 2016, les équipes du Centre de météorologie spatiale de Météo-France, à Lannion, ont préparé cette transition en élaborant de nouveaux produits à partir des données de Meteosat-8, pour la métropole et la Direction interrégionale de Météo-France pour l'océan Indien (DIROI), en charge notamment de la veille cyclonique sur ce bassin. Doté de 12 canaux au lieu de 3, Meteosat-8 fournit des images toutes les 15 minutes contre 30 auparavant, avec une résolution spatiale bien meilleure que celle de la génération précédente (3 km, voire 1 km pour le canal visible à haute résolution, contre 5 km). Météosat-8 renseigne également sur les nuages, la température et la pression à leur sommet. Il fournit aussi des compositions colorées et des données sur la température de surface de la mer, les flux radiatifs.



Vue d'artiste du satellite Metop-A.
© NASA

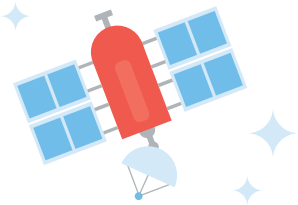
IASI : 10 ans de données satellitaires haute-résolution

Le 19 octobre 2006, était lancé depuis Baïkonour, au Kazakhstan, le satellite européen défilant Metop-A, premier d'une constellation dédiée à l'observation météorologique et à l'étude de la Terre. À son bord, des instruments innovants et notamment le sondeur interférométrique infrarouge haute-résolution IASI, conçu par le CNES (Centre national d'études spatiales), en coopération avec EUMETSAT. En 2012, Metop-B, équipé d'un sondeur identique, était à son tour mis en orbite.

Ces deux sondeurs fournissent chacun plus d'un million d'observations par jour qui renseignent sur les profils atmosphériques 3D de température et d'humidité. Aujourd'hui, les observations issues des sondeurs IASI représentent la moitié des données assimilées par ARPEGE, le modèle numérique de prévision du temps de Météo-France. Elles contribuent à hauteur de 25 % à l'information apportée par les observations à l'état initial de ce modèle. Dans la réduction de l'erreur de prévision à 24 heures d'échéance apportée par l'ensemble des observations, les deux instruments IASI ont une contribution de 15 %. IASI est aussi le seul instrument à mesurer simultanément, deux fois par jour, en tout point du globe et en temps réel, les concentrations de l'atmosphère en une vingtaine d'espèces chimiques. Ces observations permettent de surveiller les panaches de pollution, les émissions de particules lors d'éruptions volcaniques, les grands feux, les émissions d'ammoniac associées à l'agriculture intensive, la formation du trou dans la couche d'ozone. IASI permet également un suivi en continu de plusieurs variables climatiques (température, vapeur d'eau, nuages, aérosols et gaz à effet de serre).

En 2018, un troisième sondeur IASI sera lancé, ce qui permettra d'assurer la continuité de la mission sur plus de 20 ans.

1 million
d'observations par jour



Une pleine intégration internationale

3

La coopération internationale est inhérente à l'activité de tout service météorologique et climatique, dans la mesure où l'accès aux données produites dans le monde entier est une condition indispensable à leur fonctionnement. En outre, les activités de recherche s'inscrivent le plus souvent dans un contexte international. Météo-France attribue donc à la coopération une importance de premier plan, particulièrement au niveau européen mais aussi au niveau mondial.

En Europe, la coopération entre Services météorologiques nationaux (SMN) est structurée autour de trois entités : deux organisations intergouvernementales, l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (EUMETSAT) et le Centre européen de prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT), et le groupement d'intérêt économique EUMETNET qui regroupe 31 SMN. Météo-France contribue très activement à la gouvernance et aux travaux de ces organismes, dont les trois directeurs actuellement en exercice sont d'ailleurs issus de ses rangs.

Au niveau mondial, la contribution de Météo-France se fait principalement via l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Les priorités de l'OMM, pleinement en phase avec celles de la France, portent sur le changement climatique, la réduction du risque de catastrophes et le soutien au développement des capacités des pays en développement. Les activités de Météo-France au sein de cet organisme sont à la fois importantes et variées, grâce à la mobilisation d'experts pour participer à diverses activités opérationnelles ou de développement. L'établissement assume en outre, sous l'égide de l'OMM, différentes missions opérationnelles et/ou de coordination à l'échelon régional. C'est le cas, par exemple, de sa Direction interrégionale océan Indien (DIROI) qui, en tant que Centre météorologique régional spécialisé cyclones (CMRS), réalise pour le compte d'une quinzaine de pays de l'océan Indien la surveillance opérationnelle du développement et du déplacement des systèmes dépressionnaires tropicaux.

David Goutx, président du Comité des cyclones tropicaux de l'OMM pour le sud-ouest de l'océan Indien

David Goutx, directeur de la DIROI, a été nommé en mai 2016, pour une durée de 4 ans, à la présidence du Comité des cyclones tropicaux pour le sud-ouest de l'océan Indien. Ce comité regroupe les responsables des services météorologiques des îles directement menacées par le risque cyclonique (Comores, France, Maurice, Seychelles) et de la plupart des pays d'Afrique australe directement ou indirectement concernés (Mozambique, Afrique du Sud, Botswana, Kenya, Lesotho, Malawi, Swaziland, Tanzanie, Zimbabwe). Ses réunions sont l'occasion de revenir sur les événements météorologiques et cycloniques et les difficultés rencontrées en matière de prévision ou de gestion du risque, afin d'améliorer les procédures de coopération régionale et de réactualiser le Plan d'opération.

David Goutx
© Météo-France, Jean-François Boyer.

Gestion des événements météorologiques extrêmes aux Antilles : renforcement de la coopération

Météo-France et la Caribbean Meteorological Organization (CMO) ont signé le 21 juin, au siège de l'OMM, une convention-cadre visant à renforcer la coopération régionale dans la Caraïbe sur la météorologie, le climat et les risques météorologiques.

Cette convention va notamment donner à la Direction Antilles-Guyane de Météo-France un cadre de travail, supervisé par l'OMM, pour la mise en œuvre d'un projet visant à améliorer l'anticipation et la gestion des épisodes de temps sévères sur les Antilles, de Trinidad jusqu'à Haïti. À l'instar du National Hurricane Center (NHC) de Miami pour la prévision des cyclones et la coordination des alertes lors de menaces cycloniques dans la région, le centre Météo-France de la Martinique abritera, au Lamentin, un centre météorologique régional spécialisé. Ce dernier fournira un cadrage régional et un soutien continu à la gestion des épisodes de temps sévères, en coopération avec le NHC. L'objectif est de s'assurer que chaque pays ou territoire menacé aura connaissance du danger et pourra ainsi s'organiser.

Programme européen Copernicus : Météo-France contribue aux volets atmosphère, climat et milieu marin

Le programme européen Copernicus vise à mutualiser entre les États-membres les compétences et les observations *in situ* et celles issues des satellites sur l'environnement et la sécurité, afin de construire des « services d'intérêt général européen, à accès libre, plein et entier », au bénéfice des politiques environnementales et des citoyens. Copernicus livrera d'ici 2020 des données opérationnelles et des services d'informations sur six domaines thématiques : surveillance de l'atmosphère, surveillance des terres, surveillance du milieu marin, gestion des urgences, changement climatique et sécurité.

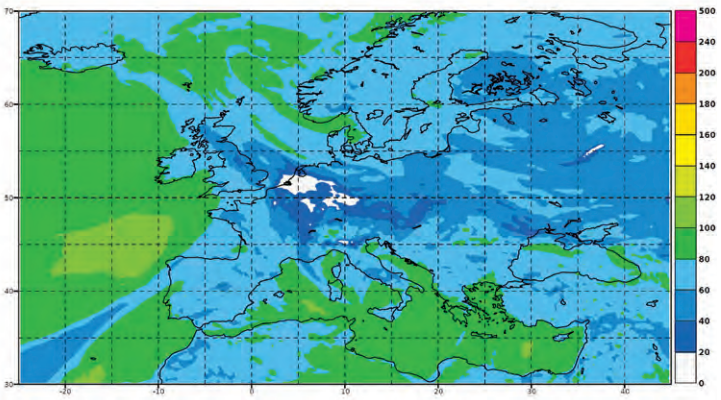
Météo-France est engagé sur trois volets :

• **Atmosphère :** l'établissement, avec l'INERIS, pilote les services de prévisions et d'analyse de la qualité de l'air en Europe et contribue aux travaux de recherche visant à développer et à améliorer différentes composantes des services. Depuis juin 2016, un nombre conséquent de données et près de 800 produits (prévisions horaires pour 10 polluants à 4 jours d'échéance, analyses pour le jour passé et réanalyses annuelles) sont accessibles sur : www.regional.atmosphere.copernicus.eu

• **Changement climatique :** Météo-France fournit des prévisions saisonnières globales et contribuera au développement de nouveaux produits de prévisions saisonnières, notamment d'occurrence de phénomènes extrêmes.

• **Milieu marin :** le Copernicus Marine Service vise à fournir un accès libre et gratuit à des données sur l'état physique de l'océan, sa dynamique et sur les écosystèmes marins du globe et des mers européennes, en surface comme en profondeur. Mercator Océan, filiale de Météo-France, coordonne ce volet sur la zone océanique européenne. Météo-France apporte en outre son savoir faire en matière de modélisation des vagues.

Plus d'informations :
http://www.meteofrance.fr/espace-presse/43035628-copernicus-atmosphere-une-avancee-majeure-dans-l-accessibilite-des-donnees-atmospheriques.



Prévision de la teneur en ozone atmosphérique, en µg/m³ (7 février 2017).

Plus de

150 jours d'expertise publique

au profit de l'INM en 2016

Météo-France mobilisé aux côtés de l'Institut national de la météorologie de Tunisie

L'Institut national de la météorologie de Tunisie (INM) et Météo-France ont toujours entretenu des liens très étroits, tant en matière de formation que de recherche sur les modèles de prévision numérique du temps et du climat.

En 2015, Météo-France a été retenu dans le cadre d'un appel à propositions de la Commission européenne – financé par elle à hauteur d'1,35 M€ – pour l'appui institutionnel au renforcement des capacités de l'INM.

Démarré en octobre 2015, ce projet s'inscrit dans la nouvelle stratégie de l'INM qui vise à rénover ses infrastructures techniques et à moderniser ses modes d'organisation et de fonctionnement pour lui permettre de satisfaire pleinement les attentes de ses bénéficiaires.

Novatrice, cette initiative de grande ampleur couvre l'ensemble des domaines d'activités d'un service météorologique. Outre le détachement d'un ingénieur météorologue au sein même de l'INM, elle mobilise au sein de Météo-France une trentaine d'experts et, au-delà, tout le savoir-faire de l'établissement.
En 2016, plus de 50 missions et de 150 jours d'expertise publique ont été accomplis par les agents de Météo-France au profit de l'INM.

Météo-France à la COP 22

Quelques jours après l'entrée en vigueur de l'Accord de Paris, Marrakech a accueilli, du 7 au 18 novembre, la 22e session de la Conférence des parties de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (COP22). Météo-France y a participé dans le cadre d'une conférence en zone bleue sur le thème : « Cycle de l'eau et changement climatique, de la compréhension des phénomènes jusqu'aux services climatiques ». Véronique Ducrocq et Maryvonne Kerdoncuff, climatologues, ont présenté les recherches conduites sur la compréhension et la modélisation du cycle de l'eau, en soutien au développement des services climatiques, notamment au sein du projet international HYMEX sur le cycle de l'eau en Méditerranée.

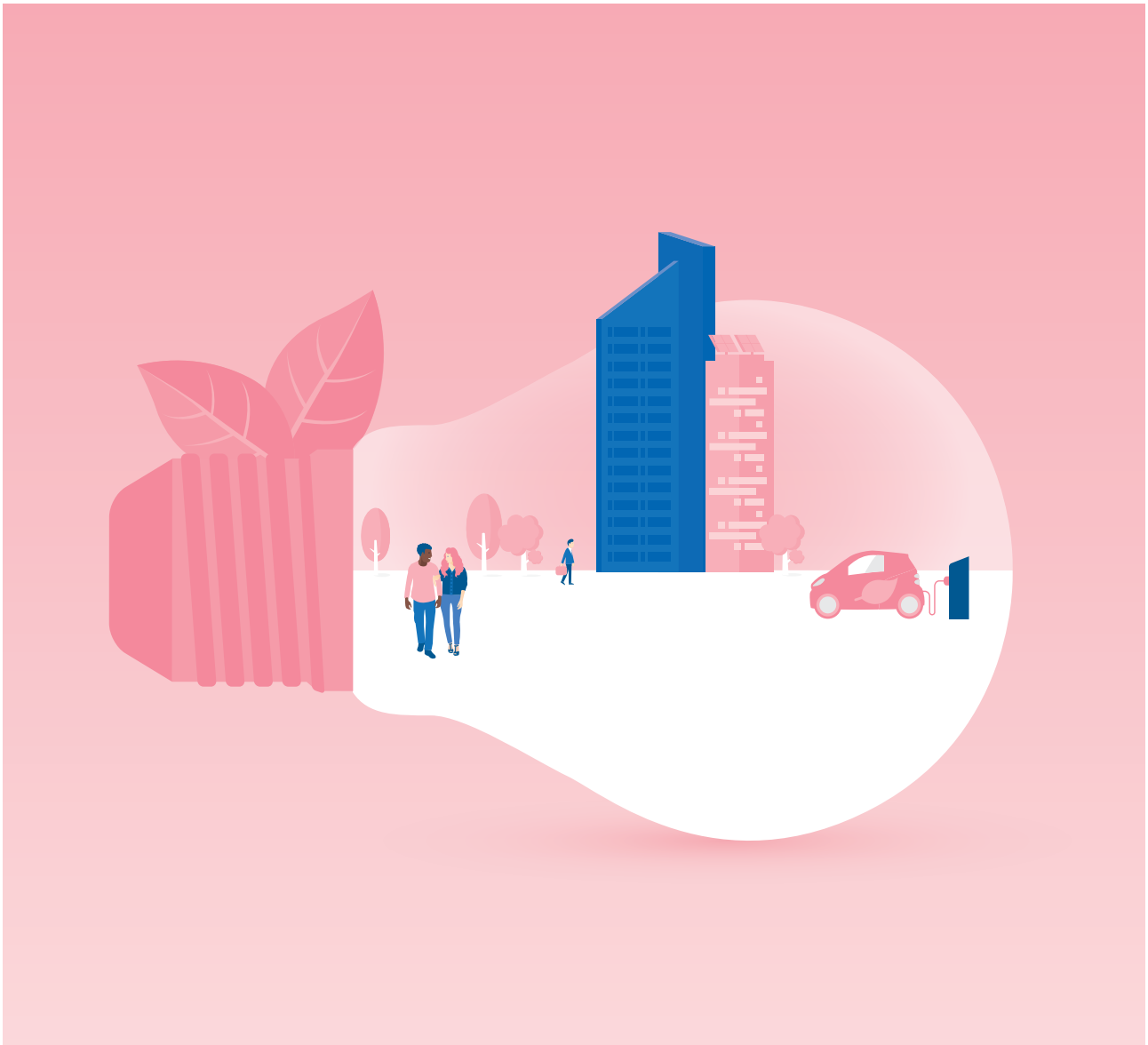
Un établissement en mouvement

4

En 2016, Météo-France a poursuivi les évolutions de son organisation engagées depuis plusieurs années pour renforcer la qualité des services rendus à ses utilisateurs tout en tenant compte de l'évolution de ses moyens.

L'année a été en particulier marquée par l'achèvement de la démarche de resserrement du réseau territorial au cours de laquelle Météo-France a réduit son nombre d'implantations de 108 à 55 sur une période de 5 ans.

Pour accompagner les différentes évolutions de son organisation et de ses métiers, l'établissement s'appuie sur des outils innovants de gestion des ressources humaines et de formation ainsi que sur des dispositifs de gestion administrative et financière modernisés.



Gestion administrative et financière

p.80

Ressources humaines

p.83

Un système de management de la qualité simplifié

p.85

Éco-responsabilité: vers une déclinaison du plan ministériel administration exemplaire

p.86

Gestion administrative et financière

Une politique immobilière au service des évolutions de l'établissement

En 2016, Météo-France a poursuivi la mise en œuvre du Schéma de programmation stratégique en matière immobilière (SPSI), élaboré en 2011, qui définissait les principales orientations pour cinq années. Cela s'est traduit, comme les années précédentes, par la priorité donnée à la remise en conformité des infrastructures, à l'amélioration de la performance énergétique et à la sécurité et la sûreté des sites et des installations dans le cadre des opérations de rénovation courante.

Les cessions de biens se sont poursuivies, dans le cadre du resserrement territorial et de la réduction des logements de fonction, en conformité avec les objectifs fixés.

Enfin, Météo-France s'est engagé dans la préparation d'un nouveau SPSI, dans le cadre des orientations définies dans la circulaire du Premier ministre du 16 septembre 2016. À ce titre, l'établissement a débuté la phase de diagnostic de son parc immobilier.

Une gestion budgétaire et financière orientée vers le juste besoin

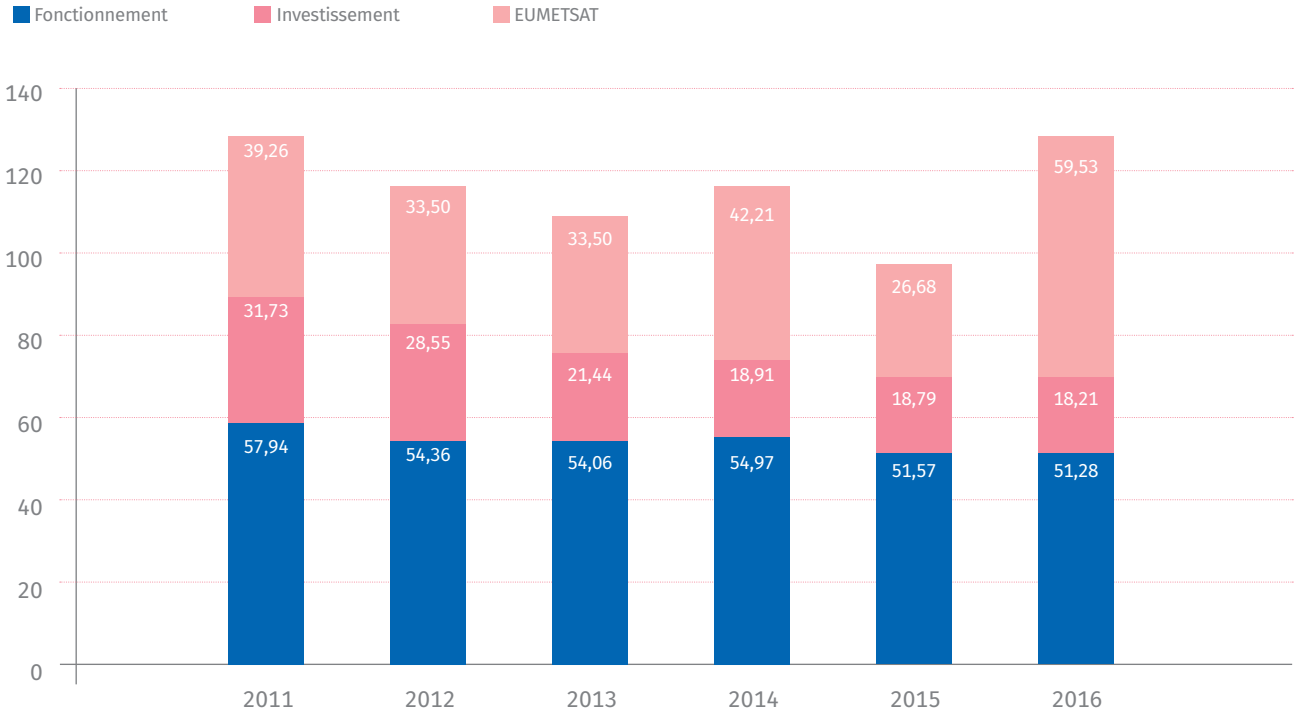
L'année 2016 a été marquée par la mise en œuvre par l'établissement de la nouvelle gestion budgétaire et comptable publique conformément au décret de novembre 2012. Météo-France est parmi les tous premiers opérateurs à appliquer cette nouvelle gestion, assise notamment sur une double comptabilité budgétaire, en autorisations d'engagement et en crédits de paiement. Ce passage s'est réalisé avec succès.

Ces nouvelles modalités de gestion ont permis un pilotage budgétaire plus fin dans un contexte marqué par une nouvelle baisse des ressources de l'établissement. En exécution, le montant de la subvention de charges de service public du programme 170 « Météorologie » s'est en effet établi à 190 M€ contre 195,6 M€ en 2015.

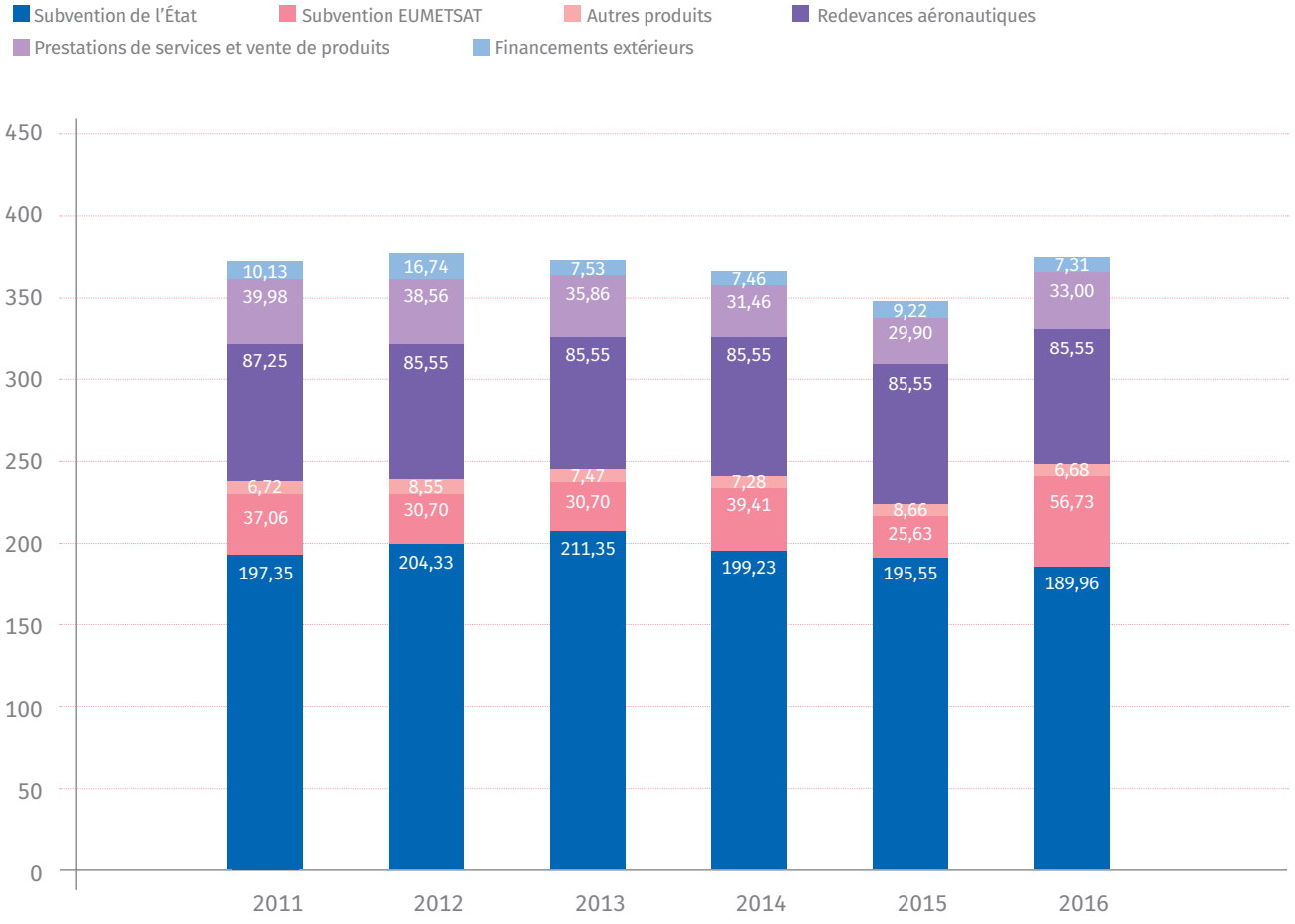
Cette baisse des ressources a été compensée notamment par une baisse des frais de personnels, liée à la diminution du plafond d'emploi de 78 ETP (Équivalent temps plein) par rapport à 2015.

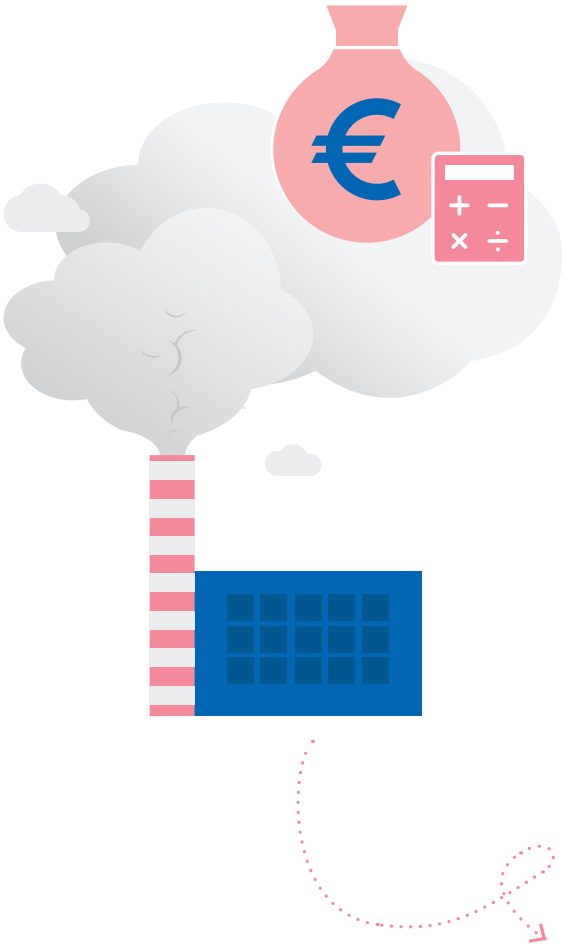
Les perspectives pour 2017 et les années suivantes restent une baisse globale des ressources, hors subvention dédiée aux programmes de recherche satellitaire d'EUMETSAT, et ce malgré une stabilisation des recettes commerciales.

Évolution des dépenses hors frais de personnel (en millions d'euros).



Évolution et répartition des ressources de l'établissement par origine (en millions d'euros).





Une politique d'achats optimisée

L'établissement poursuit avec détermination la professionnalisation de la fonction « achats » sous l'impulsion de la Direction des achats de l'État (DAE). Ainsi, les plans d'action annuels s'articulent autour des axes définis par la DAE (performance économique, développement des clauses sociales, développement des clauses environnementales, accès des PME à la commande publique, innovation) qui s'ajoutent à l'exigence de sécurité juridique des procédures.

L'activité de 2016 a été marquée par la poursuite active de la mutualisation des achats dans une perspective de performance économique, avec, par exemple, l'accès de 61 sites supplémentaires au marché libre de l'électricité au travers du second accord-cadre de la DAE, le renouvellement des marchés de gaz naturel via l'UGAP (Union des groupements d'achat public), le renouvellement du marché de transport express de petits colis avec TNT, via l'UGAP.

En 2016, Météo-France a dépassé le montant de 466 k€ d'économies annoncé initialement pour l'établissement, dans le cadre de l'objectif plus global fixé par la DAE pour l'ensemble des établissements publics (250 M€ d'économies).

La démarche d'optimisation de la performance économique des achats, qui sera poursuivie dans les années à venir, conduira également l'établissement à réfléchir à la structuration de sa fonction « achats », en s'appuyant sur les nouvelles orientations définies par la DAE.

Ressources humaines

Former les ingénieurs météorologistes aux enjeux de demain

Pour répondre à l'évolution des besoins de la société et de ceux de Météo-France, l'ENM a renouvelé en 2016 sa formation Ingénieur, avec une attention particulière portée au développement de l'autonomie, de l'ouverture et de l'agilité des étudiants en favorisant l'acquisition de compétences.

La nouvelle formation a été bâtie autour de sept activités-métiers, identifiées comme les briques essentielles des domaines de la météorologie et du climat, telles que par exemple :
• piloter et expertiser, en assurant la continuité de service, la production d'information météorologique, climatique ou concernant le manteau neigeux et l'océan superficiel, à différentes échelles spatiales et temporelles ;
• conseiller les acteurs et décideurs économiques dans le domaine du changement climatique en prenant en compte les enjeux sociétaux, notamment ceux liés à l'environnement, aux transports et à la ville.

Une forte ouverture vers l'entreprise et l'international, un semestre organisé autour d'un projet de type bureau d'étude, trois stages tout au long de la scolarité, une évaluation basée à la fois sur les connaissances et sur les compétences acquises complètent ce dispositif dont les premiers diplômés sortiront en juillet 2019.

Effectifs réels fin 2016

	Femmes	Hommes	Total
Administratifs et ouvriers	281	228	509
Cadres supérieurs	35	130	165
Ingénieurs et chercheurs	270	628	898
Techniciens supérieur	340	1212	1552
Total	926	2198	3124

L'École nationale de la météorologie en bref

L'École nationale de la météorologie (ENM) est une école d'ingénieurs, membre de la Conférence des grandes écoles, de l'Institut national polytechnique de Toulouse et du réseau des écoles supérieures du développement durable.

Elle accueille chaque année environ 150 à 200 étudiants en cycle ingénieur, technicien, master ou mastère spécialisé, pour des formations diplômantes centrées sur la physique de l'atmosphère, la modélisation numérique, le calcul scientifique, la prévision du temps, le changement climatique ou les enjeux du développement durable. Ces formations associent connaissances scientifiques de haut niveau et pratiques opérationnelles, répondant ainsi au besoin d'organismes très variés, des acteurs publics en charge de la sécurité civile aux acteurs économiques privés des secteurs météo ou climato-sensibles.

En parallèle, l'ENM coordonne la formation permanente des personnels de l'établissement, dont 40 % s'effectuent directement dans ses locaux. Elle propose également au public intéressé par les sciences météorologiques et climatiques une série de stages allant de la sensibilisation scientifique à la maîtrise opérationnelle.

Accompagner le changement à travers la formation continue

La formation tout au long de la vie est une priorité pour Météo-France. Elle doit aider les agents à tirer profit des évolutions techniques et organisationnelles de l'établissement et à en être les moteurs, en tant que manager, chercheur, développeur, prévisionniste…

Les axes prioritaires de la politique de formation permanente de l'établissement sont fixés chaque année dans un plan portant sur 18 mois, validé par le Conseil de la formation permanente.

Dans ce cadre, le plan triennal de formation visant à renforcer la culture managériale des cadres de l'établissement, commencé en 2015, s'est déroulé de manière très satisfaisante en 2016. 143 managers de tous les niveaux hiérarchiques ont été formés, ce qui représente plus de 850 jours de formation.

Les prévisionnistes ont par ailleurs été les principaux bénéficiaires de formations dédiées : formations AROME en outre-mer (138 agents formés) et AROME-PI (157 stagiaires), et formations à l'outil SYNOPSIS (104 agents). Le plan de formation des prévisionnistes-conseil à la relation client a, quant à lui, débuté en fin d'année 2016 avec déjà 56 prévisionnistes. À terme, 480 prévisionnistes devraient être formés sur 5 ans.

2016 a également été marquée par l'accompagnement de la migration des outils bureautiques de Météo-France vers la suite Libre Office avec la formation de 260 personnels référents.

La formation permanente a également un rôle de soutien auprès des utilisateurs de la météorologie. Cette vocation se matérialise par de nombreuses formations réalisées au profit des partenaires institutionnels ou des clients de l'établissement. Cet effort de formation à destination de l'externe représente environ 2 400 jours de formation. En particulier, une nouvelle formation ouverte et à distance sur le changement climatique, nommée « CICCLADE » a été créée en 2016, en complément d'une formation présentielle déjà existante sur le même thème.

+ de 850

jours de formation au management pour les cadres de l'établissement.

Un système de management de la qualité simplifié

Le système de management de la qualité est au cœur du fonctionnement de l'établissement. Il répond à un triple objectif : assurer au mieux l'écoute des clients et partenaires, améliorer en continu les services à leur bénéfice et mesurer l'atteinte des objectifs. Au-delà de la certification et de son maintien, la finalité est de renforcer continuellement la culture et les pratiques de Météo-France vers les bénéficiaires, de placer le client au centre des préoccupations pour accomplir les missions de la façon la plus efficace possible. Ces principes généraux sont déclinés dans une documentation qualité, qui encadre les modes de fonctionnement des services et dont la mise en œuvre fait l'objet d'une certification ISO 9001.

Certifié depuis 2006, Météo-France s'est vu attribuer la certification ISO 9001 version 2008, pour une durée de trois ans. Dans le cadre de cette certification, des audits annuels de suivi sont mis en œuvre par l'organisme certificateur.

Météo-France s'est présenté au dernier audit de suivi dans le cadre d'un système de management de la qualité qui avait été unifié et simplifié début 2016.

Enfin, Météo-France s'est engagé dans la préparation du renouvellement de la certification sous la version 2015 de la norme ISO 9001, qui devrait être obtenu en 2018.

Éco-responsabilité: vers une déclinaison du plan ministériel administration exemplaire

L'activité dans le domaine de l'éco-responsabilité connaîtra en 2017 une évolution dont les bases ont été posées en 2016 : la déclinaison du Plan ministériel administration exemplaire (PMAE) au niveau de l'établissement, sous la forme d'un plan d'actions. Cette démarche fait en outre l'objet d'un engagement dans le futur Contrat d'objectifs et de performance (COP). Parmi les actions retenues, on peut citer la diminution de la part des émissions de CO_2 dues aux consommations énergétiques.

L'année 2016 a par ailleurs été marquée par de nombreuses opérations sur le site toulousain de la Météopole visant à réduire la consommation d'énergie, dont certaines ont été cofinancées par l'ADEME : rénovations de toits, terrasses, d'huisseries ; travaux sur la récupération de l'énergie fatale du calculateur pour chauffer les bâtiments ; étude sur les réseaux et les systèmes de production du chauffage suivie de travaux ; optimisation du refroidissement des baies informatiques pour améliorer l'efficacité énergétique du Centre national de calcul ; réduction des émissions de CO_2 due à la consommation de fioul.

En complément de ces actions, des travaux d'amélioration des infrastructures d'autres sites ont été menés ainsi que des efforts au niveau des déplacements. Ainsi les émissions globales de CO_2 ont été réduites de 14 % à mi-2016 par rapport à 2011 pour un objectif de -8,3 %.

Une action de sensibilisation à la démarche d'éco-responsabilité a en outre été menée à l'échelon de l'ensemble des directions et du réseau des correspondants éco-responsabilité.

Enfin en décembre 2016, Météo-France a rejoint le club développement durable des établissements publics et entreprises publiques qui incite les organismes publics à transposer la stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable dans leur propre stratégie.

Annexes

Glossaire des sigles acronymes et abréviations

A	**ADAMONT**	Adaptation en territoire de montagne
	ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
	AÉROWEB	Site Internet de Météo-France réservé aux usagers aéronautiques
	ALADIN	Modèle d'aire limitée, adaptation dynamique, développement international
	ANACIM	Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie (Sénégal)
	ANR	Agence nationale de la recherche
	AROME	Application de la recherche à l'opérationnel à méso-échelle (modèle de prévision numérique à haute résolution de Météo-France)
	ARPEGE	Action de recherche petite échelle grande échelle (modèle de prévision numérique à grande échelle de Météo-France)
C	**CEPMMT**	Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme
	CLIM´PY	Projet visant à améliorer la connaissance sur l'évolution du climat sur les Pyrénées dans le contexte du changement climatique
	CMIP	*Coupled Model Intercomparison Project*
	CNES	Centre national d'études spatiales
	CNRM	Centre national de recherches météorologiques (Météo-France)
	CNRS	Centre national de la recherche scientifique
	CROCUS	Modèle de simulation numérique du manteau neigeux développé par Météo-France
D	**DACCIWA**	*Dynamics-Aerosol-Chemistry-Cloud interactions in West Africa*
	DGPR	Direction générale de la prévention des risques
	DGSCGC	Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises
	DIROI	Direction interrégionale pour l'océan Indien (Météo-France)
	DRIAS	Donner accès aux scénarios climatiques régionalisés français pour l'impact et l'adaptation de nos sociétés et environnements
E	**ENM**	École nationale de la météorologie
	EPTB	Établissement public territorial de bassin
	ESM1	*Earth System Model*, première version
	EUMETNET	*European Meteorological Network*
	EUMETSAT	*European organization for the exploitation of Meteorological Satellites*
	EUREQUA	Évaluation multidisciplinaire et requalification environnementale des quartiers
	EURO-CORDEX	*European - Coordinated Regional climate Downscale Experiment*
G	**GICC**	Gestion des impacts du changement climatique
	GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

H	**HYMEX**	*Hydrological cycle in the Mediterranean Experiment*
I	**IASI**	Interféromètre atmosphérique de sondage infrarouge
	IFS	*Integrated Forecasting System*
	INERIS	Institut national de l'environnement indusriel et des risques
	INTERREG	Programme de coopération territoriale européenne
	IRSTEA	Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture
	ISBA	Interactions sol-biosphère-atmosphère
M	**MEEM**	Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer
	MEPRA	Modèle expert de prévision du risque d'avalanche
	MODCOU	Modèle hydrologique couplé surface-souterrain
O	**OMM**	Organisation météorologique mondiale
S	**SAFIRE**	Service des avions français instrumentés pour la recherche en environnement
	SAFRAN	Système d'analyse du forçage atmosphérique
	SIM	SAFRAN-ISBA-MODCOU
	SURFEX	Surface externalisée
	SYNERGIE	Système numérisé d'exploitation rationnelle et de gestion interactive et évolutive des informations météorologiques pour le prévisionniste
	SYNOPSIS	Système numérique orienté prévision, conseil et expertise
	SYNPA	SYNERGIE-Next pour les armées

Organigramme de Météo-France
au 1er mars 2017

7 INTERRÉGIONS EN MÉTROPOLE

Île-de-France-Centre
Marie-Geneviève Renaudin

Nord
Jean-Pierre Mac Veigh

Nord-Est
Yves Grégoris

Centre-Est
Benoît Thomé

Sud-Est
Françoise Marche

Sud-Ouest
Isabelle Donet

Ouest
Muriel Gavoret

4 INTERRÉGIONS EN OUTRE-MER

Antille-Guyane
Claudine Bourhis

Océan Indien
David Goutx

Polynésie française
Isabelle Schmidely-Leleu

Nouvelle-Calédonie
Hugues Ravenel

DIRECTEUR GÉNÉRAL AJOINT
Alain Soulan

STRATÉGIE
Olivier Rivière de la Souchere

COMMERCE
Emmanuel Cloppet

QUALITÉ
Joël Poitevin

SERVICES MÉTÉOROLOGIQUES
Jean-Marie Carrière

SERVICES CLIMATIQUES
Patrick Josse

PRÉSIDENT-DIRECTEUR GÉNÉRAL
Jean-Marc Lacave

DIRECTRICE GÉNÉRALE AJOINTE
Anne Debar

SECRÉTARIAT GÉNÉRAL
François Bolard

COMMUNICATION
Marie-Ange Folacci

RESSOURCES HUMAINES
Sylvie Monteil

NUMÉRIQUE ET MÉDIAS
Claude Gaillard

SYSTÈMES D'OBSERVATIONS ET D'INFORMATION
Emmanuel Legrand

OPÉRATIONS ET PRODUCTION
François Lalaurette

RECHERCHE
Marc Pontaud

CENTRE DE TOULOUSE
Monique Ciccione

ÉCOLE NATIONALE DE LA MÉTÉOROLOGIQUE
Jean-Marc Bonnet

Conseil d'administration
au 1er juin 2017

Les représentants sont cités selon l'ordre du décret n° 93-861 du 18 juin 1993 portant création de l'établissement public Météo-France

Personnalités qualifiées	Fonctions	Organisme
Jean-Marc LACAVE	Président-directeur général	Météo-France
Nicolas BOULOUIS	Conseiller	Conseil d'État
Anny CAZENAVE	Chercheur	LEGOS/CNES
Claire WAAST-RICHARD	Directrice	ENEDIS - Electricité en réseau

Participants au conseil d'administration	Fonctions	Organisme
François BELFAIS	Contrôleur financier	DGAC/DCB
Claude HEILES	Agent comptable principal	Météo-France
François BOLARD	Secrétaire général	Météo-France
Alain SOULAN	Directeur général adjoint	Météo-France
Anne DEBAR	Directrice générale adjointe	Météo-France
Olivier RIVIÈRE	Directeur de la stratégie	Météo-France

Représentants de l'État (titulaires)	(suppléants)	Nommés sur proposition du ministre chargé de (des)
Général de brigade Hervé GOMART	Colonel Philippe ARNAUD	Armées
Georges-André MORIN	Rik VANDERERVEN	L'Agriculture et de l'Alimentation
Nicolas LAGNOUS	M. ou Mme X.	L'Économie et des Finances
Marc MORTUREUX	Laure TOURJANSKY	La Transition écologique et solidaire
Patrice BRUDIEU	Elisabeth VERGES	L'Éducation nationale
Laurent PREVOST	M. ou Mme X.	L'Intérieur
Laurence MONNOYER-SMITH	Serge BOSSINI	La Transition écologique et solidaire
Maurice GEORGES	Vincent DENAMUR	La Transition écologique et solidaire

Représentants du personnel de Météo-France (titulaires)	(suppléants)
José CHEVALIER	Cécile GUYON
Liénor FEUGA	Renaud TZANOS
Antoine LASSERRE-BIGORRY	Christine BERNE
Serge TABOULOT	Jean-Luc CAMILLERI
Cédric BIRIEN	Frédéric PERIN
Philippe SANTONI	Laurent DUCLOS

Comité scientifique consultatif
au 1er juin 2017

Personnalités choisies	Organisme
Valérie MASSON-DELMOTTE (présidente)	LSCE
Liliane BEL	MIA
Céline MARI	LA
Irina SANDU	CEPMMT
Gilles BERGAMETTI	LISA
Gilbert BRUNET	Environnement Canada

Personnalités désignées par les organismes	Organisme
Isabelle BENEZETH	MEEM
Jean-Marie FLAUD	MENESR
Maud PASTEL	DGA
Jérôme VIALARD	IRD
Pierre TABARY	CNES
Frédéric HOURDIN	CNRS
Yves BRUNET	INRA
Pascale LHERMINIER	IFREMER

© Météo-France 2017
Dépôt légal juillet 2017
ISSN : 1166-732X

Météo-France est certifié ISO 9001 : 2008
par Bureau Veritas Certification

Coordination éditoriale et impression
Direction de la communication

Conception graphique
Virginie Poilièvre et Amandine Masson

Météo-France
73, avenue de Paris
94165 Saint-Mandé Cedex
www.meteofrance.fr
@meteofrance