

ENTRETIEN



Roland SÉFÉRIAN

Chercheur au Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM, Météo-France - CNRS)

Quel est votre parcours et que sont vos fonctions aujourd'hui ?

Après avoir entamé des études de vétérinaire, j'ai décidé de réorienter mon parcours vers les sciences de la mer au Centre d'océanologie de Marseille. En 2008, j'ai intégré l'École nationale de la météorologie en seconde année par le concours "maîtrise". À l'époque, Serge Planton et David Salas cherchaient à renforcer la modélisation du système Terre et du cycle du carbone. Ils m'ont donc encouragé à effectuer en 2010 mon stage d'ingénieur au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement sous la direction de Laurent Bopp, avec qui j'ai poursuivi par une thèse intitulée "Impact du changement climatique sur les flux de carbone océaniques : rôle de la variabilité décennale". Après avoir soutenu ma thèse en 2013, j'ai obtenu un poste d'ingénieur/chercheur au sein du Groupe de météorologie de grande échelle et climat du CNRM sur le thème de la modélisation du cycle global du carbone.

En quoi votre expérience de co-auteur du rapport spécial du GIEC sur le réchauffement de 1.5°C influence-t-elle votre pratique de recherche sur le climat ?

Ma participation à ce rapport spécial du GIEC a été une véritable révélation pour ma manière de travailler. Ce rapport spécial est le premier rapport du GIEC dans lesquels les trois groupes de travail ont été impliqués dès le départ. Il est donc un exemple de travail inter/transdisciplinaire autour de défis sociétaux. Le travail avec les collègues du groupe III sur la réduction des émissions m'a permis de mieux comprendre ce qui était attendu des spécialistes des mécanismes climatiques, en termes de connaissance et transferts de connaissances. Cela ne veut pas dire qu'il faut se désintéresser des questions de recherche fondamentale autour des mécanismes physiques et chimiques du climat mais qu'il est nécessaire de décloisonner les champs disciplinaires. Pour faire simple, ma participation à ce rapport m'a fait comprendre qu'il était peut-être temps de passer au rapport Meadows (sans forcément délaissier le rapport Charney). C'est ce que je fais maintenant dans mon travail. Ce constat a notamment été moteur pour la mise en place du projet Européen ESM2025.

Quels sont les objectifs de ce projet européen ESM2025 ?

ESM2025 est un projet de recherche européen sur la modélisation numérique du système Terre que je coordonne. Il regroupe 19 organismes européens issus de 7 pays différents (Autriche, Belgique, France, Allemagne, Norvège, Suède, Suisse et Royaume-Uni) et d'une université australienne.

ESM2025 a pour objectif de développer une nouvelle génération de modèles de climat par l'intégration de nouvelles composantes et la représentation de leurs interactions, mais aussi par une meilleure représentation des processus climatiques clés grâce à des méthodes d'apprentissage automatique et l'utilisation d'observations. ESM2025 vise également à améliorer la cohérence entre les modèles de climat et les modèles d'évaluation intégrée, afin de mieux représenter la réponse du système Terre aux émissions anthropiques de gaz à effet de serre et aux changements d'usages des terres. Le projet contient un fort volet éducatif qui permettra de développer du matériel pédagogique à destination des jeunes européens. L'objectif est d'accroître la compréhension du public sur le changement climatique et de renforcer l'engagement en faveur de transformations sociétales nécessaires à la mise en œuvre de l'Accord de Paris.

+ d'info : <http://esm2025.prod.lamp.cnrs.fr>

Propos recueillis par
Samuel MORIN Météo-France

EN BREF



INTEMPÉRIES EN CHINE

Depuis le 17 juillet, la province chinoise du Hénan (3^{ème} province par sa population de 100 Millions d'habitants) est affectée par des pluies diluviennes. À ZhenZhou, ville de 10 Millions d'habitants, le 20 juillet, il est tombé 552 mm, soit 86 % du total annuel moyen, dont 202 en une heure ! La ville a été dévastée ; des centaines d'usagers ont été piégés dans le métro. Des pluies intenses étaient déjà tombées la veille et d'autres ont eu lieu les jours suivants. En moins de 4 jours, la ville a reçu plus de 900 mm. D'autres villes ont été également fortement touchées, comme Xinxiang. On déplore la mort de plusieurs dizaines de personnes.

Météo et Climat Info n°85 - Juillet 2021

73, avenue de Paris 94165 Saint-Mandé cedex
Tél.: 01 49 57 18 79

[info@meteoetclimat.fr](http://info.meteoetclimat.fr) www.meteoetclimat.fr

[@MeteoClimat](https://twitter.com/MeteoClimat)

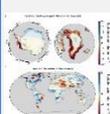
[f](https://www.facebook.com/MeteoetClimat) [MeteoetClimat](https://www.facebook.com/MeteoetClimat)

Rédactrice en chef : Morgane DAUDIER (Météo et Climat).
Autres membres : Jean-Claude ANDRÉ (Météo et Climat),
Guy BLANCHET (Météo et Climat), Isabelle GENAU (IPSL),
Daniel GUÉDALIA (OMP, Laboratoire d'Aérodynamique et Météo et Climat),
Yves MOREL (LEGOS), Samuel MORIN (Météo-France),
Claude PASTRE (Météo et Climat)



p.2

COUP DE PHARE
Destination Earth
(DestinE)



p.3

FOCUS
Le changement
climatique déplace le
pôle géographique



p.4

CHRONIQUE
Chaleur et sécheresse
de l'été 1949



p.7

FOCUS
Le nouveau
supercalculateur de
Météo-France

COUP DE PHARE

"Destination Earth" et Jumeaux numériques Perspectives pour la météorologie et le climat



"Destination Earth" (DestinE) est une des actions essentielles qui permettra de fournir données et outils pour aider les responsables politiques à opérer les meilleurs choix tant d'adaptation au changement climatique que de réduction des conséquences socio-économiques des événements extrêmes.

Ce programme s'inscrit dans la stratégie numérique de la Commission européenne en valorisant les investissements, actuels et futurs, de l'Europe dans les infrastructures telles que le calcul à haute performance (HPC), l'intelligence artificielle, et le libre accès aux données et aux services. Il sert l'objectif d'une Europe verte (Green deal) et il sera construit en étroite collaboration avec le programme COPERNICUS, avec les services météorologiques nationaux et avec la communauté climatique européenne.

Le programme sera mis en œuvre par trois organisations intergouvernementales européennes : l'ESA (Agence spatiale européenne), le CEPMMT (Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme) et EUMETSAT (Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques).

Ces partenaires fourniront les trois éléments de DestinE, soit :

- (1) une plateforme centrale de services permettant un accès encore jamais égalé aux données et à leurs outils de gestion ;
- (2) un jumeau numérique combinant des modèles avancés du système terre avec l'ensemble des données d'observation, créant ainsi une maquette, un jumeau numérique, de la Terre ; et
- (3) une énorme base de données virtuelle, appelée "lac de données", qui rassemblera les données déjà existantes et celles plus spécifiques provenant de DestinE.

La communauté météo-climatique européenne se verra ainsi offrir une énorme démultiplication de ses capacités et possibilités :

- tout d'abord via les jumeaux numériques, construits grâce à la méthodologie et aux composants que la communauté météo-climatique a développés à travers la modélisation couplée du système terre et à travers l'assimilation de données. L'utilisation de tels systèmes, résolus à échelle plus fine et assimilant de plus

en plus de nouvelles données, permettra à la fois une représentation plus réaliste des divers phénomènes et des prévisions de plus en plus fiables ;

- ensuite via l'effort de développement d'infrastructures logicielles génériques. Celles-ci bénéficieront aux différents outils de gestion de l'ensemble des tâches (workflow), tant pour la modélisation que la prévision ; elles permettront aussi le meilleur usage des formidables puissances de calcul qui seront offertes par les futurs super-ordinateurs (par exemple dans le cadre de EuroHPC). Il sera ainsi possible d'utiliser des modèles plus complets et complexes et de prendre en compte l'énorme masse de données produites ;

- enfin via l'apport des méthodes d'apprentissage automatique, au fort potentiel d'accélération des simulations et aux possibilités accrues de développement de nouvelles applications spécifiques utilisant à plein les très grandes masses de données.

Le démarrage de DestinE est prévu fin 2021, avec de premiers appels à contributions du CEPMMT auprès des différents groupes de recherche européens paraissant probablement en fin d'année 2021 ou au début de 2022. Le programme comprendra une première phase, dite de mise en œuvre, d'une durée de 30 mois, qui sera suivie d'autres phases pour étendre les applications. Un élément déterminant de la première phase sera le démarrage de deux jumeaux numériques. Le premier sera relatif aux événements extrêmes d'origine météorologique, pour en améliorer la prévision et l'évaluation des impacts. Le second jumeau numérique concernera l'adaptation au changement climatique, plus particulièrement le test de scénarios prédictifs en soutien aux politiques d'adaptation et de réduction des émissions, à l'horizon multidécennal et aux échelles régionales, voire nationales. Parallèlement le programme "Horizon Europe", en coordination avec DestinE, soutiendra la préparation de nouveaux jumeaux, par exemple pour les extrêmes géophysiques (sismicité, volcanisme), océaniques, ou encore ceux concernant la biodiversité.

Tous ces développements visent à améliorer les services météo-climatiques actuels et à soutenir les fournisseurs de services européens, en accélérant leur accès à de nouvelles données, à des modèles encore plus avancés, et à exploiter l'ensemble des technologies numériques, depuis les capteurs intelligents et les objets connectés jusqu'au calcul très haute performance et au traitement des données massives. Ils autoriseront aussi un progrès majeur vers plus d'interopérabilité des données et des logiciels, et tireront plein profit de tous les investissements européens réalisés dans le domaine du calcul et des données. L'articulation entre les jumeaux numériques, les plateformes de services et le lac de données sera cruciale à cet effet.

Peter BAUER

Directeur-adjoint de la recherche du CEPMMT
(Traduction de Jean-Claude ANDRÉ, Météo et Climat)

FOCUS

Le changement climatique déplace le pôle géographique

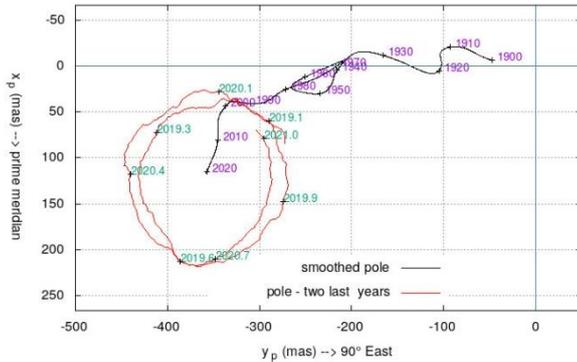


Fig.1 - Les déplacements du pôle géographique depuis 1900. L'unité de distance est la milliseconde d'arc (mas = milli arc second) soit environ 3 cm à la surface de la terre. En rouge le mouvement pour 2019-2021 et en noir le mouvement moyen pour 1900-2021

Le pôle géographique – point où l'axe de rotation perce la croûte terrestre – se déplace en permanence. Ses déplacements sont d'allure circulaire et quasi périodiques d'une dizaine de mètres d'amplitude. La figure 1 ▲, extraite du site Internet de l'Observatoire de Paris¹ consacré à l'IERS (Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence), montre en rouge le détail du déplacement de 2019 à 2021². Elle montre en noir le déplacement moyen de 1900 à 2020 d'une valeur d'une dizaine de centimètres par an, obtenu par élimination des termes périodiques. Le sujet qui nous intéresse ici est le changement de direction du mouvement moyen survenu aux environs de l'an 2000³.

Le mouvement moyen est causé par l'ajustement isostatique qui se poursuit lentement depuis la fin des glaciations du Quaternaire, par la convection dans le manteau de la Terre qui pilote la tectonique des plaques, et par les déplacements de masses des eaux stockées sur terre (glace, neige, lacs, rivières, eau dans le sol et végétation). L'ajustement isostatique et la convection dans le manteau ont des variations lentes incapables d'expliquer un changement brusque dans le mouvement du pôle. Il faut donc chercher la cause dans les déplacements de masses d'eau sur terre.

Le programme spatial GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) est arrivé à point nommé pour fournir des données plus précises et plus fines que précédemment du champ de gravité terrestre à intervalles mensuels. Ceci permet de cartographier bien mieux qu'autrefois les changements de répartition de masse de l'hydrosphère et de la cryosphère qui eux-mêmes influencent la position de l'axe de rotation.

Le premier programme GRACE a couvert la période 2002-2017 et le second a débuté en 2018⁴. De nombreuses équipes de recherche se sont employées au cours de la dernière décennie à identifier les impacts sur le déplacement du pôle des variations des différentes composantes du stockage d'eau sur terre.

La fonte des glaces du Groenland a rapidement été identifiée comme source principale du mouvement récent du pôle géographique, mais ne suffit pas à l'expliquer entièrement.

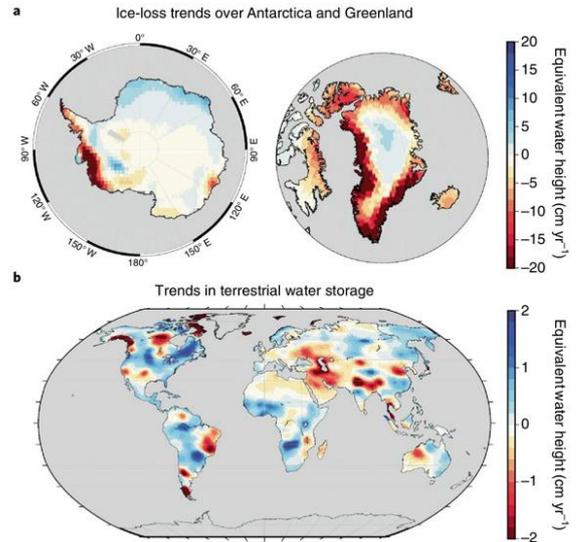


Fig.2 - Variation des masses d'eau et de glace pour la période 2002-2017, extraite de Tapley (2019). En a il s'agit essentiellement de variations de la masse de glace. En b on remarque principalement les pertes en glace dans des zones comme l'Alaska, l'Himalaya ou la Patagonie et les variations de masses d'eau partiellement liées à des variations climatiques telles que sécheresse ou inondation mais aussi aux conséquences de l'activité humaine sur l'eau dans le sol. Noter la différence d'échelle des variations entre a et b.

La difficulté vient de ce que la série de mesures de GRACE, se situant après le point d'inflexion, ne permet de conclure directement sur la différence entre "avant" et "après".

Une publication récente de Deng et al. (2021) semble apporter une réponse plus complète. Une comparaison a été faite entre deux scénarios : l'un suppose que de 1981 à 2001 l'évolution du stockage d'eau sur terre avait les mêmes caractéristiques spatio-temporelles que dans la période des mesures de GRACE (2002-2020) ; l'autre corrigeait l'évolution de 1981 à 2001 en utilisant des mesures indépendantes de fonte des glaces du Groenland, de l'Antarctique et autres grands glaciers terrestres. Le second scénario a fourni une bien meilleure cohérence avec le déplacement observé du pôle, confirmant ainsi que c'est l'accélération récente de la fonte des glaciers continentaux, surtout au Groenland, qui a modifié la direction du mouvement du pôle géographique.

Claude PASTRE
Météo et Climat

Références :

- Cazenave, A. et Chen, J., 2010. Time-variable gravity from space and present-day mass redistribution in the Earth system. *Earth and Planetary Science Letters*, Volume 298, Issues 3-4
- Deng, S., Liu, S. et al., 2021. Polar drift in the 1990s explained by terrestrial water storage changes. *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL092114. <https://doi.org/10.1029/2020GL092114>
- Tapley, B.D., Watkins, M.M., Flechtner, F. et al., 2019. Contributions of GRACE to understanding climate change. *Nat. Clim. Chang.* 9, 358-36

(1) https://hpiers.obspm.fr/eop-pc/earthor/polmot/pm_fr.html

(2) Le phénomène qui donne son apparence circulaire au déplacement est l'oscillation de Chandler, de période 435 jours, une nutation libre de l'ellipsoïde terrestre entretenue principalement, selon l'hypothèse actuellement prépondérante, par les variations de pression au fond de l'océan. L'oscillation de Chandler subit une modulation annuelle due aux déplacements de masse saisonniers de l'atmosphère et de l'océan.

(3) Le mouvement moyen est un signal de faible amplitude obtenu par filtrage des oscillations de grande amplitude du mouvement. Selon la méthode de filtrage les différents auteurs obtiennent des dates différentes pour le point d'inflexion, entre 1992 et 2005. Tous cependant sont d'accord sur le fait qu'il y a un "avant" et un "après".

(4) On trouvera dans Cazenave (2010) ou Tapley (2019) une description du programme GRACE et de ses contributions à différentes disciplines.

⚡ EN BREF

AUGMENTATION DU RISQUE DE SUBMERSION MARINE

Une étude internationale coordonnée par l'IRD et impliquant des chercheurs du CNES et de Mercator Océan vient de montrer que les risques de submersion sont amenés à s'accroître, notamment dans la zone intertropicale. Ce phénomène s'explique par une combinaison de deux facteurs : l'élévation globale du niveau de la mer, mais aussi le déferlement des vagues sur les côtes qui joue un rôle majeur mais est peu pris en compte jusqu'à présent dans les prévisions climatiques. Selon cette étude "l'accélération de la submersion marine sera perceptible dès 2050, quel que soit le scénario climatique. À la fin du siècle, l'intensité de l'accélération dépendra des trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre suivies, et donc de la hausse du niveau de la mer. Pour le scénario de fortes émissions, le nombre d'heures de submersions marines pourrait être multiplié par 50 fois par rapport à ce que nous connaissons actuellement. De plus en plus de régions seront exposées au risque de submersion côtière, en particulier dans la zone intertropicale, au Nord-Ouest des États-Unis, en Scandinavie et à l'extrême Est de la Russie".

+ d'info : <https://bit.ly/3ZAXfua>

ACCÉLÉRATION DE L'ACIDIFICATION DU CANAL DU MOZAMBIQUE

La région du canal de Mozambique (océan indien sud-ouest), comprenant les îles Eparses, est une des plus sous-étudiées au monde. Les analyses faites dans le cadre des campagnes OISO et CLIM-EPARSE, menées respectivement en 2004 et 2019 par le LOCEAN-IPSL, confirment une augmentation du CO₂ et une diminution de pH dans les eaux de surfaces de cette région.

+ d'info : <https://bit.ly/2TFR0pK>

UN CONSORTIUM DE NEUF LABORATOIRES ET ENTREPRISES ÉTUDIE LES CHANGEMENTS GLOBAUX GRÂCE À DES ESPÈCES "SENTINELLES"

Mené de front par six laboratoires et trois entreprises de la région toulousaine, le projet Econect a pour objectif d'étudier la réaction d'espèces dites "sentinelles" aux menaces anthropiques et aux stress climatiques. Cette étude s'intéresse notamment aux abeilles, aux oiseaux et aux escargots aquatiques, en parallèle sur plusieurs sites d'Occitanie. Les scientifiques d'Econect espèrent parvenir à mettre au point d'ici fin 2022 un ou plusieurs indicateurs multimétriques permettant de mesurer, de manière pertinente et rapide, l'influence des activités humaines sur un écosystème donné. (...)

+ d'info : <https://bit.ly/3i6Tebd>

LA PROBABILITÉ DE GELÉES PRINTANIÈRES CAUSANT DES DOMMAGES AGRICOLES A AUGMENTÉ DE PRÈS DE 60 % EN FRANCE

Le réchauffement des températures hivernales a avancé la saison de croissance des plantes, rendant alors les cultures plus vulnérables au gel. Entre le 6 et le 8 avril 2021, un épisode de gel tardif et intense a endommagé l'agriculture française. Cet épisode de gel a touché en particulier les vignobles avec presque 2 milliards d'euros de pertes selon les premières évaluations. Cette vague de froid faisait suite à des températures record en mars 2021.

+ d'info : <https://bit.ly/2UMhMNS>

DRAINAGE DES TOURBIÈRES POUR L'AGRICULTURE : ESTIMATION DES ÉMISSIONS DE CARBONE SUR LE DERNIER MILLÉNAIRE

Une équipe internationale pilotée par INRAE et le CEA, impliquant le CNRS, l'Université Paris-Saclay, AgroParisTech, l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines et le LSCE-IPSL, a développé un modèle qui a permis d'estimer, pour la première fois, les émissions de carbone historiques dues à la conversion de tourbières naturelles en terres cultivables entre les années 850 et 2010.

+ d'info : <https://bit.ly/371gRvg>



INONDATIONS CATASTROPHIQUES EN ALLEMAGNE ET EN BELGIQUE

Des inondations meurtrières ont affecté plusieurs pays européens entre le 13 et le 15 juillet. Le bilan humain et matériel en fait l'une des plus grandes catastrophes climatiques de ces dernières décennies. Les précipitations diluviennes ont été provoquées par une "goutte froide" (dépression d'altitude) qui s'est déplacée très lentement de la France vers la Suisse et le sud de l'Allemagne.

L'ouest de l'Allemagne a été le domaine le plus touché ; les précipitations y ont dépassé 150 mm en trois jours sur un vaste espace, avec un maximum de 182 mm. Certains secteurs ont été complètement dévastés, comme en témoigne le village de Schuld, en Rhénanie-Palatinat (photo). En Belgique, on a enregistré jusqu'à 272 mm à Jalhay et 217 à Spa ; la Meuse et ses affluents ont connu des crues majeures. En France, les précipitations ont été copieuses de la Lorraine au Jura (199 mm à Châtel-de-Joux (39), 160 à Plainfaing (88), 159 à Le Fied (39) et 158 à Villers-la Chèvre (54). Le Rhin, l'Orne, la Chiers et l'Orne ont subi de fortes crues.

Ont été également concernés par ces intempéries le Luxembourg, les Pays-Bas, l'Autriche et l'est de la Suisse. Au 26 juillet, le bilan s'élève à plus de 180 morts en Allemagne et 41 en Belgique.

+ d'info : <https://bit.ly/3iRsqLc> - <https://bit.ly/3x7mQcF>

Guy BLANCHET
Météo et Climat

COMMENT LE FER INFLUENCE LA POMPE À CARBONE DE L'OcéAN

Afin de prédire comment le changement climatique affecte l'océan et sa capacité à absorber le CO₂, les scientifiques partent régulièrement en mer pour étudier le cycle du carbone océanique étroitement lié à l'activité planctonique, elle-même dépendante de lumière et de CO₂, mais également d'un certain nombre de micronutriments comme le fer.

Le fer est en effet, un élément vital au développement du phytoplancton qui joue pour sa part un rôle majeur dans le climat de notre planète. (...)

+ d'info : <https://bit.ly/374xlms>

À LA RECHERCHE DES MICRO-ALGUES DES NEIGES EN MONTAGNE

La vie des algues microscopiques qui habitent la neige en haute altitude est encore bien mystérieuse. Aussi, des chercheurs et chercheuses du CNRS, du CEA, de Météo-France, d'INRAE et de l'Université Grenoble Alpes ont créé le consortium Alpalga pour étudier ce monde méconnu et menacé par le réchauffement climatique.

Les scientifiques livrent leurs premiers résultats dans *Frontiers in Plant Science* le 7 juin 2021, en décrivant pour la première fois la distribution de dizaines d'espèces de micro-algues de montagne en fonction de l'altitude. (...)

+ d'info : <https://bit.ly/3ylWOnz>

LA CHRONIQUE DE GUY BLANCHET

Chaleur et sécheresse de l'été 1949

Après un mois d'avril sec et chaud et un mois de mai très frais, l'été 1949 est, à son tour, remarquablement sec et chaud (fig.1 ▼).

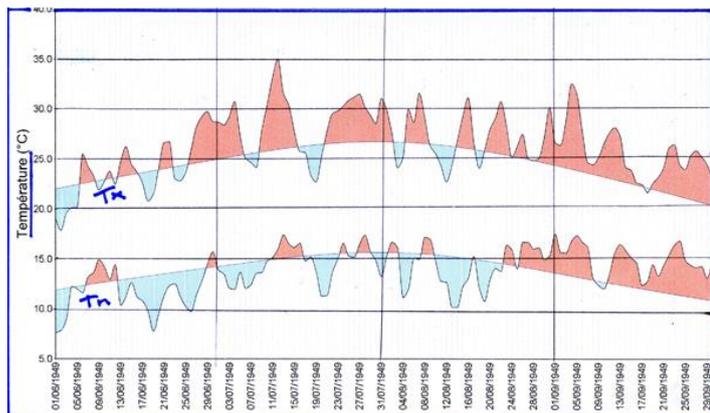


Fig.1 - Températures mini et maxi de juin à septembre 1949 en France

JUIN

Les derniers jours du mois connaissent la première vague de chaleur de l'été : la carte de la situation du 28 juin (fig.2 ▼) montre un marais barométrique surmonté de hautes pressions en altitude. Les températures maximales atteignent 36,1°C à Perpignan, 34,5°C à Montpellier et à Mont-de-Marsan et 34° à Toulouse. Dans le mois, on recense 7 jours avec maximum $\geq 30^\circ\text{C}$ dans le Sud-ouest (Nîmes, Carcassonne et Toulouse) et 5 à Montélimar. Les précipitations sont très déficitaires, sauf entre Poitiers et Bordeaux ; les cumuls mensuels affichent seulement 2 mm à Marignane et à Montélimar, 5 à Montpellier et à Toulon et 8 à Rennes. Sur le Bassin Parisien, la sécheresse règne du 31 mai au 11, voire au 14 juillet. À Perpignan, entre le 31 mai et le 24 août, on ne compte que 3 jours de pluie ≥ 1 mm (les 23 juin, 17 et 18 juillet) !

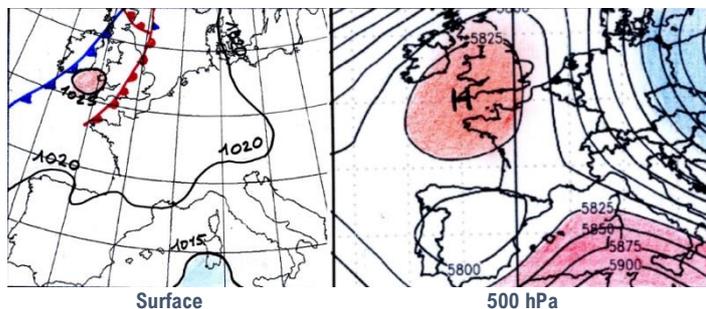


Fig.2 - Situation le 28/06/1949

JUILLET

En dehors de la Côte d'Azur, les températures mensuelles sont supérieures aux normales, particulièrement dans la région parisienne, l'estuaire de la Loire et le Roussillon. C'est du 11 au 14 que la chaleur atteint son maximum. La fig.3 ► présente la situation du 12 juillet : une puissante dorsale d'altitude s'étend du Maghreb au sud de la Mer du Nord. Les températures atteignent ou dépassent 40°C dans le Sud-ouest (40°C à Gourdon, Angoulême et Bergerac, 40,1°C à Cognac, 40,3°C à Nantes et 40,6°C à Agen).

La fréquence des températures maximales $\geq 30^\circ\text{C}$ s'élève à 25 jours à Nîmes, 23 à Marignane, Montélimar, Carcassonne et Perpignan ; celle des températures minimales $\geq 20^\circ\text{C}$ à 16 à Perpignan, 15 à Toulon et 8 à Nîmes.

Les précipitations sont déficitaires, sauf localement en Corse et au pays basque (97 mm à Socoa) ; elles sont pratiquement absentes du 19 au 31 juillet.

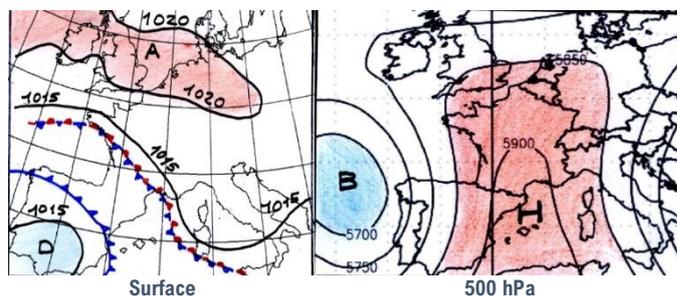


Fig.2 - Situation le 12/07/1949

AOÛT

Les températures moyennes sont excédentaires, à l'exception de la région niçoise et de la côte basque.

Le mois comporte plusieurs brefs coups de chaleur, notamment les 7 et 8. La fig.4 ▼ montre que le 8, au-dessus d'un marais, une langue de hautes pressions s'allonge du sud de l'Espagne à l'Europe centrale ; ce jour-là, on enregistre 37,7°C à Lyon, 37,6°C à Montélimar, 37°C à Toulouse.

On dénombre 17 jours avec plus de 30°C à Carcassonne, 16 à Toulouse, 15 à Nîmes et 14 à Perpignan. Les températures minimales restent souvent élevées (18 jours avec minimum $\geq 20^\circ\text{C}$ à Perpignan, 14 à Toulouse). Comme les mois précédents, les précipitations sont déficitaires sur la plus grande partie du pays (il ne tombe que 1,4 mm à Nice, 2 à Bordeaux, 4 à Marignane et 7 à Lyon). Cependant, du fait d'orages locaux, certaines stations présentent des cumuls importants : 93 mm à Metz, 90 à Bourg-St-Maurice, 88 à Abbeville, 78 à Romilly et 69 à Rouen.

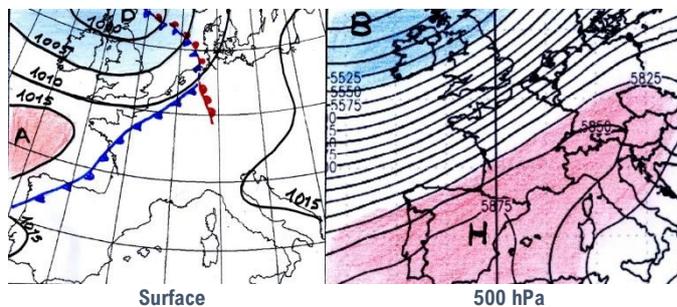


Fig.4 - Situation le 08/08/1949

SEPTEMBRE

Comme le montre la fig. 1, un seul jour connaît une température maximale inférieure à la normale... Le mois subit plusieurs coups de chaleur ; le plus intense a lieu le 5 septembre (les maximums affichent 36,5°C à Mont-de-Marsan, 36,2°C à Bordeaux, 35,8°C à Lyon et Montélimar, 34,8°C à Tours, 34,6°C à Socoa et 34,4°C à Clermont-Ferrand).

À Nîmes et à Montélimar, 12 maximums dépassent 30 °C.
À Toulon, 19 nuits ont un minimum ≥ 20 °C (record de 22,7 °C le 24) ; à Perpignan, 14.

Après une première décade encore sèche, les précipitations sont ensuite de retour, excédentaires au nord-ouest d'une ligne Arcachon-Limoges-Charleville-Mézières (182 mm à Beauvais, 161 à Châteauroux), déficitaires ailleurs, surtout dans l'est (32 mm à Strasbourg), le centre-est (10 à Lyon), l'Hérault (16 à Montpellier) et la Corse (13 à Bastia).

BILAN DE L'ÉTÉ

La sécheresse est mise en évidence par la faiblesse des cumuls du trimestre juin-août (cf. col 1 et 2 du [tableau](#) ►) : en moyenne, le rapport aux normales est de l'ordre de 40 %.

Le nombre de jours de précipitations ≥ 1 mm est très inférieur aux normales : 5 à Toulon (normale 6), Marignane (7) et Nîmes (11), 7 à Perpignan (10), 8 à Paris (24), Nice (8) et Cherbourg (24), 9 à Brest (29), 10 à Toulouse (13) et Tours (20), 11 à Strasbourg (31) et Lille (29), 12 à Auxerre (25), 13 à Dijon (25), 14 à Lyon (22), 15 au Mans (21), 16 à Nantes (21), 17 au Puy (22) et 22 à Socoa (29). Pour caractériser la chaleur de l'été, le critère choisi est le nombre de jours avec une température maximale ≥ 30 °C ; partout, il est très supérieur aux normales (cf. col. 3 et 4 du [tableau](#) ►).



Dans les Landes, le 22 août 1949 © Le Parisien

Les conséquences de la sécheresse et de la chaleur sont nombreuses. L'une des plus dramatiques s'est déroulée dans les Landes : du 19 au 25 août, d'immenses incendies détruisent 53 000 ha dont 25 000 de bois et provoquent la mort de 82 personnes. Les débits des cours d'eau atteignent des valeurs très basses. Sur le plan agricole, les cultures maraichères et les productions fourragères sont affectées, alors que les moissons ont eu lieu en moyenne avec plus de 10 jours d'avance.

Remerciements à Pierre Paillot et à Guillaume Jallais pour la fourniture de documents.

Guy BLANCHET
Météo et Climat

	Précipitations 1949 (mm)				TX				TX absolu
	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	1	2	3	4	
06. NICE	17	3	1	80	21	33	7	7	34,0 (03/08)
13. MARIIGNANE	2	20	4	50	26	40	46	41	34,3 (05/09)
17. LA ROCHELLE	75	8	15	62	98	76	17	10	38,4 (12/07)
21. DIJON	17	4	40	54	61	31	26	13	35,6 (12/07)
25. BESANÇON	32	13	53	40	98	34	23	12	35,8 (10/08)
26. MONTÉLIMAR	2	12	46	58	60	23	55	39	37,6 (07/08)
29. BREST	18	22	20	118	60	31	1	1	35,2 (12/07)
30. NÎMES-COURB.	24	6	11	24	41	34	60	51	37,6 (11/07)
31. TOULOUSE	27	6	68	49	101	70	48	29	38,0 (11/07)
33. BORDEAUX	85	3	2	88	90	53	34	23	38,3 (12/07)
34. MONTPELLIER	5	6	19	16	30	38	33	29	36,3 (17/08)
35. RENNES	8	22	31	49	61	46	19	8	38,4 (12/07)
37. TOURS	32	6	41	75	79	55	28	13	37,8 (12/07)
38. GRENOBLE	18	13	28	31	59	24			35,0 (07/08)
43. LE PUY-CHADRAC	22	20	36	42	78	43	20	16	34,9 (29/07)
44. NANTES	27	15	28	60	70	53	26	11	40,3 (12/07)
50. CHERBOURG	15	10	33	35	58	40	1	0,2	30,3 (04/09)
51. REIMS	40	13	55	63	108	62			35,7 (12/07)
54. NANCY	15	6	56	45	77	39	14	12	35,8 (12/07)
59. LILLE	25	30	40	80	85	48	5	5	34,2 (13/07)
64. PTE DE SOCOA	57	97	51	134	205	80	6	6	34,6 (04/09)
66. PERPIGNAN	17	12	13	115	42	66	45	30	37,1 (30/07)
67. STRASBOURG	19	8	62	32	89	43	22	13	36,1 (13/07)
69. LYON-BRON	32	16	7	10	55	27	40	25	37,7 (08/08)
72. LE MANS	17	13	25	71	65	44	26	13	38,0 (12/07)
73. BG-ST-AURICE	50	43	90	51	183	80			34,3 (12/07)
75. PARIS-MONTS.	33	6	27	80	66	40	17	10	33,6 (13/07)
76. ROUEN	18	24	69	98	111	56		3	35,0 (13/07)
83. TOULON	5	11	34	46	50	94	18		35,6 (10/08)
87. LIMOGES	38	9	81	77	128	58			38,8 (13/07)
89. AUXERRE	21	9	70	63	100	57	22	17	35,0 (12/07)

1. Cumul Juin-Août
2. % de la normale 1981-2010
3. Nombre de jours avec Tx ≥ 30 °C
4. Normale 1981-2010 du Nbre Jours Tx ≥ 30

FOCUS

5 fois plus de puissance de calcul pour Météo-France



Le nouveau système de calcul intensif de Météo-France est entré en production opérationnelle début février 2021 : il est composé de 2 supercalculateurs quasi identiques, d'une puissance de 10,7 Pétaflop+/s chacun, installés dans 2 salles de calcul distinctes en région Toulousaine. Le fournisseur de la solution est la société ATOS dans le cadre d'un contrat de service d'une durée ferme de 4 ans.

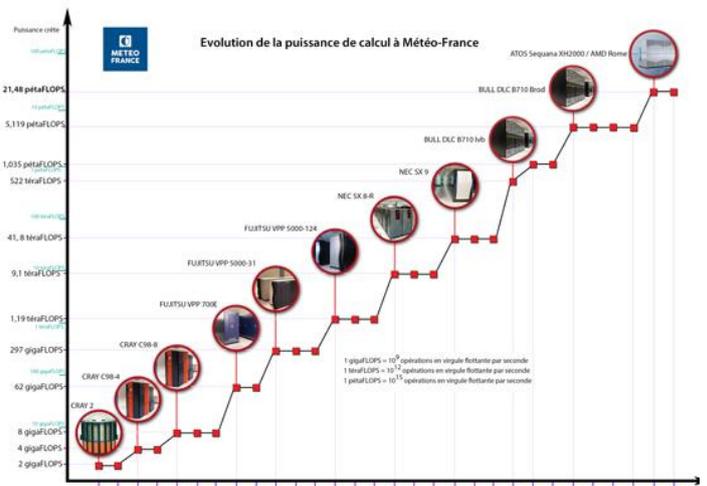
Ce choix technologique a été opéré à l'issue d'un dialogue compétitif de 18 mois sur lequel les principaux industriels s'étaient positionnés. La solution retenue repose sur la plateforme Sequana XH2000, dont la fabrication est réalisée à Angers par BULL (filiale HPC du groupe ATOS). Le composant de base de la configuration est le processeur AMD "Epyc Rome". Chaque nœud de calcul dispose de 128 cœurs se partageant une mémoire de 256 Go. La performance d'accès à la mémoire est toutefois non uniforme, et dépend de la localisation du cœur au sein du nœud. Au total, chaque calculateur comprend 295296 cœurs de calcul : afin de tirer pleinement bénéfice du potentiel de ces machines, il faut donc que les équipes de recherche et de développement réalisent des prouesses en matière de parallélisation des codes et d'équilibrage de charge.

Le facteur de gain réellement mesuré sur les applications de prévision numérique du temps durant la phase de "miroir" (période précédant la bascule opérationnelle, durant laquelle on utilise sur l'ancien et le nouveau calculateur des versions d'Arome et Arpege scientifiquement identiques) est très légèrement supérieur à 5.

Ainsi, l'objectif qui était affiché par Météo-France dans le cadre du Contrat d'Objectifs 2017-2021 à cet égard a pu être tenu, malgré un contexte technologique peu favorable : la "Loi de Moore" (qui permettait jadis d'avoir peu ou prou un doublement de la puissance de calcul à budget constant tous les 18 mois) a désormais vécu, les progrès en matière de miniaturisation des composants étant maintenant très lents. Pour gagner en performances, il faut désormais travailler sur le parallélisme massif, sur la localisation des données et la minimisation des transferts sur les réseaux internes ... sans négliger de renforcer le budget dévolu au calcul intensif.

Ce gain de puissance de calcul va notamment permettre à Météo-France, début 2022, de porter la résolution horizontale

des modèles ensemblistes opérationnels de prévision numérique du temps à 1,3 km, soit celle des modèles déterministes actuels, et de faire également bénéficier les départements et territoires d'outre-mer de prévision à une taille de maille équivalente à celle de la métropole. À plus longue échéance, en 2023-24, la mise en œuvre de systèmes de prévision à une résolution de l'ordre de 500 mètres est envisagée sur des zones à forts enjeux.



Mais Météo-France doit d'ores et déjà se préparer à l'étape suivante : à échéance 2024-25, un saut technologique majeur sera probablement indispensable pour que la progression de la puissance de calcul puisse se poursuivre. Des actions de grande envergure sont en cours de lancement pour initier le portage des principaux codes de calcul sur technologie GPU (processeurs graphiques), voie qui semble parmi les plus prometteuses pour le futur. Mais il s'agit là d'un défi de grande ampleur : le travail à réaliser est considérable, et ne pourra être mené à terme qu'en coopération avec les partenaires nationaux et internationaux.

Alain BEURAUD
Météo-France

(1) : 1 Pétaflop/s= 1015 opérations élémentaires par seconde

AGENDA

Nos manifestations

Alex Ayet, lauréat du Prix Prudhomme 2021



Alex Ayet

Le jury du prix André Prud'homme présidé par Laurence Eymard, s'est réuni virtuellement le 3 juin. Il a choisi d'attribuer le prix 2021 à Alex Ayet (actuellement postdoctorant au CERFACS - CNRS), pour sa thèse intitulée "Flux de quantité de mouvement à l'interface air-mer : Approche théorique du couplage entre turbulence et vagues de vent".

Journée scientifique Toulouse-Occitanie

Toulouse | 5 octobre 2021 | Centre international de conférences



"Quelles transitions pour l'Eau face au changement climatique ?"

Organisée par Météo et Climat Toulouse-Occitanie et le Partenariat Français pour l'Eau, en association avec l'Agence de l'Eau Adour Garonne et Météo-France, cette Journée se déroulera au Centre International de Conférences de Météo-France à Toulouse et sera diffusée en livestream.

PROGRAMME

09:30 - **Ouverture officielle** par Jean JOUZEL Météo et Climat, Jean LAUNAY PFE, Virginie SCHWARZ Météo-France et Guillaume CHOISY Agence de l'Eau Adour Garonne

10:00 - **Introduction** par Valérie MASSON-DELMOTTE co-présidente du groupe I du GIEC et Johannes CULLMANN OMM

11:00 - **SESSION 1 - Évaluation et suivi des évolutions à venir dans le domaine des ressources en eau**

Valérie DEMAREZ UPS Toulouse, Florence HABETS ENS, Renaud HERMEN Water Family, Ludovic LHUISSIER CACG

14:00 - **SESSION 2 - Changement climatique : quelles menaces pour l'eau ?**

Nicolas BAUDUCEAU CCR, Yvan CABALLERO BRGM, Bruno CASTELLE Univ. de Bordeaux), Nathalie CLARENC DDTM Aude, Magali REGHEZZA-ZITT ENS

15:30 - **SESSION 3 - Le changement climatique source d'innovations pour l'eau ?**

Marie-Hélène AUBERT Comité de bassin Loire Bretagne, Mathilde LOURY OFB, Emmanuelle OPPENEAU SUEZ, Olivier SARLAT Veolia Eau Région Sud, Morgane VILLETARD ARB Occitanie

17:00 - **Conclusion et clôture** par Abou AMANI UNESCO, Eric SERVAT IRD, Marie-Laure VERCAMBRE PFE, Serge PLANTON Météo et Climat

+ d'info et inscription : <https://bit.ly/3uhPUMV>

PARUTION

La Météorologie



Sommaire N° 114 - Août 2021

LA VIE DE MÉTÉO ET CLIMAT

- L'assemblée générale 2021
- Journée scientifique 2021
- 18^e FIM

ARTICLES

- Le Vendée Globe virtuel (M. KREITZ)
- Retour sur le colloque de l'Académie des Sciences (S. PLANTON)
- Dynamique agéostrophique dans l'océan intérieur (L. SIEGELMAN)
- Le suivi atmosphérique des émissions de CO₂ de l'agglomération Parisienne (PH. CIAIS)
- Les débuts mouvementés de l'observatoire du parc Montsouris (J.P. JAVELLE et D. ROUSSEAU)

LU POUR VOUS

VIENT DE PARAÎTRE

SAISON CYCLONIQUE

LES PHOTOS DU MOIS

RÉSUMÉS CLIMATIQUES

ANNONCES

3-10 sept.
2021

EMS 2021 Annual Meeting

La réunion annuelle 2021 de la Société météorologique européenne aura lieu 100 % en ligne du 3 au 10 septembre 2021. Le focus de cette année portera sur le rôle de la recherche et des services météorologiques et climatiques dans la réalisation des objectifs de développement durable.

+ d'info : www.ems2021.eu

3-11 sept.
2021

Congrès mondial de la nature de l'UICN

Ce Congrès sera le premier événement hybride, en présentiel et en virtuel, lié à l'environnement depuis le début de la pandémie, et permettra d'agir pour une reconstruction fondée sur la nature, pour le changement climatique et pour la biodiversité post-2020.

+ d'info : <https://bit.ly/3x7dqh5>

15-17 sept.
2021

Salon PRODURABLE

Ce salon est le rendez-vous européen des acteurs et des solutions de l'économie durable. L'édition 2021 aura lieu au Palais des Congrès (Paris 17^e) et proposera des Master Class, des conférences et ateliers et des parcours thématiques autour du thème de la *Régénération*.

+ d'info : www.produrable.com