

# 100<sup>e</sup> Météo et Climat Info

La lettre de la Société française de la météorologie et du climat

## ÉDITO

Fin mai 2007 les adhérents de la Société Météorologique de France, qui n'avait pas encore été renommée Météo et Climat, eurent le plaisir de recevoir le premier numéro de la lettre électronique SMF Infos. La décision d'éditer régulièrement cette lettre avait été prise quelques mois auparavant par l'assemblée générale de la SMF, afin que les adhérents bénéficient d'une publication qui leur soit réservée. La météorologie et le climat étaient illustrées dès la première page de ce numéro inaugural : interview de Dominique Marbouty, alors directeur du Centre Européen de Prévision Météorologique à Moyen Terme (CEPMMT), "Où va la prévision météorologique", et article de Michel Petit, alors président de la SMF, "Quoi de neuf dans le nouveau rapport du groupe 1 du GIEC".

Bimestre après bimestre, sans jamais en manquer un, la lettre est parvenue aux adhérents. Seize ans et demi plus tard, le comité de rédaction est fier de vous faire parvenir le numéro 100, au sommaire inhabituellement riche. Remercions tous les auteurs et autrices, tant du numéro 100 que des numéros passés, qui ont contribué à la lettre et qui l'ont fait avec une réactivité exemplaire.

Ce numéro 100 est aussi l'occasion d'un salut particulier pour Guy Blanchet, membre de la première heure du comité de rédaction et lui-même rédacteur régulier des chroniques météorologiques, qui n'aura manqué que les seuls numéros 3 et 94 ! Ses analyses détaillées de la quasi-totalité des événements météorologiques extrêmes ou remarquables ont jalonné la période 1930-2016 : 18 chroniques sur les précipitations extrêmes et les inondations, sans compter les 5 relatives aux épisodes cévenols et méditerranéens, 10 sur les tempêtes et 3 sur les orages violents, 11 sur les chutes de neige, 9 sur les vagues de chaleur et 4 sur les épisodes de sécheresse, 11 sur les vagues de froid et 6 sur les gelées tardives ou précoces, 1 sur un épisode de brouillard et 6 sur diverses autres intempéries ou 12 encore sur des sujets plus divers. Il s'agit là d'un ensemble documentaire exceptionnel.

Les lecteurs pourront retrouver sur le [site de Météo et Climat](#) la liste des thèmes traités, ainsi que les numéros dans lesquels elles sont parues.

Bonne lecture !  
**Le comité éditorial**

### Au sommaire

p.2 | **ENTRETIEN**

Jean JOUZEL Président de Météo et Climat

p.3 | **COUP DE PHARE**

Intelligence artificielle et prévision météorologique

p.4 | **FOCUS**

Automatisation du Réseau Climatologique d'État à Météo-France

p.6 | **FOCUS**

Observation de l'atmosphère depuis l'espace : les nouveaux défis

p.7 | **CHRONIQUE**

Remarquables contrastes de température en janvier 2007

p.8 | **FOCUS**

Le permafrost alpin à l'épreuve de la crise climatique

p.10 | **FOCUS**

Campagne océanographique AMARYLLIS-AMAGAS

p.11 | **FOCUS**

Les projections climatiques et hydrologiques Explore 2 sur la France métropolitaine et le nouveau portail DRIAS-Eau

p.12 | **FOCUS**

Importance des glaciers en termes de ressources en eau ?

#### Météo et Climat Info n°100 - Janvier 2024

73, avenue de Paris 94165 Saint-Mandé cedex

Tél.: 01 49 57 18 79

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

Suivez-nous



Rédactrice en chef : Morgane DAUDIER (Météo et Climat).  
Autres membres : Jean-Claude ANDRÉ (Météo et Climat), Sylvain COQUILLAT (OMP, Laboratoire d'Aérodynamique), Guy BLANCHET (Météo et Climat), Sonia GADY (Météo et Climat), Dominique MARBOUTY (Météo et Climat), Yves MOREL (LEGOS), Samuel MORIN (Météo-France, CNRS, CNRM), Françoise VIMEUX (IRD, HSM-LSCE)

# ENTRETIEN



## Jean JOUZEL

Président de Météo et Climat

### **Météo et Climat Info passe le cap de son centième numéro : peut-on en profiter pour regarder le chemin parcouru, et restant à parcourir, par notre société ?**

Le dynamisme d'une société savante comme la nôtre s'apprécie à l'aune de ses activités.

Nos publications sont d'une qualité reconnue par tous, nos journées scientifiques, principalement parisiennes mais aussi, à l'occasion, toulousaines, rassemblent régulièrement un nombreux public, tout comme le Forum International de la Météo et du Climat que nous co-organisons annuellement avec notre partenaire IW2C (International Weather and Climate Company), nos prix sont recherchés tant chez les scolaires que par les nouveaux docteurs. Et le Train du climat s'est métamorphosé en Tournée du climat et de la biodiversité, avec déjà 3 escales en 2023, et au moins 9, et peut-être 12, en 2024. Tout ceci n'est possible que grâce à notre petite équipe permanente, très impliquée, et aux très nombreux bénévoles et "messagers" qui viennent s'associer à telle ou telle de ces activités. Il faut une association solide pour tenir ce rythme.

Nous continuerons à associer météorologie et climat dans nos activités, c'est une source de vitalité, et le garant de notre implication tant dans la Société Météorologique Européenne que, plus récemment, dans le Collège des Sociétés Savantes Académiques de France.

Je suis néanmoins conscient que les efforts pour faire croître le nombre de nos adhérents ne sont pas couronnés de tout le succès que nous souhaitons. Il n'y a pas de recette miracle pour cela, mais il faut que nous persévérions pour que Météo et Climat ait la base la plus large possible et rassemble l'ensemble de notre communauté.

### **Vous êtes toujours très impliqué et préoccupé par l'évolution du climat. Que peut-on en dire aujourd'hui ?**

Le 6<sup>ème</sup> rapport du GIEC, dont la parution s'est étalée entre 2021 et 2023, est d'une exceptionnelle qualité et je pense bien connu de la grande majorité de nos adhérents.

C'est, entre autres, le résultat d'une très forte participation de notre communauté nationale, tant au niveau des laboratoires participants aux travaux sur lesquels s'appuie le GIEC que dans le pilotage de l'écriture de ses rapports. Il faut rendre hommage à Valérie Masson-Delmotte pour l'extraordinaire travail qu'elle a coordonné à la coprésidence du Groupe 1 et saluer l'engagement de Robert Vautard pour le 7<sup>ème</sup> cycle du GIEC. Nul doute que notre communauté saura poursuivre et tenir un rôle toujours aussi prépondérant. Il faut maintenant travailler à faire pénétrer encore plus largement la préoccupation climatique dans tous les milieux professionnels et politiques.

L'évolution du climat est une réalité qui s'impose à nous, que l'on "prend dans la figure", et qui nécessite une mobilisation sans relâche car notre trajectoire actuelle nous conduit vers un réchauffement global de 3°C pour la fin du siècle. Le prochain colloque organisé les 8 et 9 mars par l'Académie des sciences sera sans doute un autre moment fort de cette mobilisation.

### **Que pensez-vous de la géoingénierie climatique dans ce contexte de lutte contre le changement climatique ?**

C'est un sujet très délicat, qui a fait l'objet de nombreuses discussions dans les couloirs de la dernière COP.

Le captage et stockage du CO<sub>2</sub> a été jugé par le GIEC comme faisant partie de la solution pour la captation des émissions résiduelles mais cette méthode a aussi ses limites. Les producteurs d'énergies fossiles se sont emparés du sujet manifestement dans le but de faire perdurer leurs activités. Par ailleurs, il faut insister ici sur le fait que les technologies de gestion du rayonnement solaire sont très largement condamnées par le milieu scientifique, car elles présentent de trop nombreuses incertitudes et donc de forts risques de transformer ceux qui s'y essaieraient en apprentis sorciers.

### **Vous venez d'évoquer la COP 28, à laquelle vous avez participé avec la délégation française. Qu'en avez-vous retiré ?**

Une première remarque est qu'il faut bien réaliser que, pour restreindre puis bannir l'utilisation des énergies fossiles, il est nécessaire de discuter avec ses producteurs. De ce point de vue cette COP a été un succès diplomatique puisqu'elle a inscrit dans les textes la nécessité d'une sortie progressive de ces énergies (transitioning away). Mais ce succès diplomatique ne s'est malheureusement pas accompagné d'un succès structurel, puisque très peu d'engagements ont été pris : la production pétrolière va se poursuivre, la question du méthane n'a pas été évoquée avec des objectifs chiffrés, ni d'ailleurs celle du nécessaire financement de l'adaptation, ... Et si cette COP avait bien débuté avec la reconnaissance de la nécessité de dédommager les pays impactés pour leur pertes et préjudices, rien n'a vraiment avancé sur la question des financements ...

Propos recueillis par  
**Jean-Claude ANDRÉ**  
Météo et Climat

# COUP DE PHARE

## Intelligence artificielle et prévision météorologique



L'utilisation de l'Intelligence Artificielle (IA) en météorologie n'est pas nouvelle. Dès les années 1990, ces techniques ont notamment permis des développements novateurs dans le post-traitement statistique des prévisions météorologiques. Ce n'est que récemment que l'IA s'est invitée dans le monde de la modélisation atmosphérique. Les premières tentatives ont plutôt visé à construire des systèmes de prévision "hybrides", en combinant la modélisation physique classique et l'IA basée sur l'apprentissage par des réseaux de neurones, avec des applications pour effectuer une descente d'échelle statistique des prévisions, ou pour augmenter le nombre de membres des prévisions d'ensemble. En revanche, jusqu'à aujourd'hui, aucun service météorologique n'avait entrepris de substituer intégralement un système basé sur de l'intelligence artificielle à un modèle de prévision météorologique classique. Il y a déjà plus de 5 ans, le travail précurseur de P. Dueben et P. Bauer au Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMMT) avait jeté les bases d'une prévision purement statistique, mais concluait avec de sérieuses réserves sur sa capacité à rivaliser un jour avec la prévision physique. Cinq ans plus tard, les progrès ont été bien plus rapides qu'attendus, et une partie de ces doutes est levée ...

Ce sont des grandes entreprises internationales (Nvidia, Huawei, DeepMind, Microsoft), et un groupement IA chinois, qui se sont lancés dans cet exercice avec leurs moyens spécifiques et ont communiqué successivement leurs résultats depuis début 2022. Ces entreprises ont produit des prévisions météorologiques déterministes mondiales et annoncé des scores de très bonne qualité, sur certains aspects supérieurs à ceux des prévisions du CEPMMT.

Dans toutes ces expériences, la base d'apprentissage est la même, la ré-analyse ERA5. Cette base de données en accès libre, réalisée par le CEPMMT et supportée par le programme européen Copernicus, est la re-construction de l'état de l'atmosphère depuis 1940 jusqu'à aujourd'hui,

heure par heure, à une résolution horizontale de 30 km et sur 37 niveaux verticaux jusqu'à 80 km d'altitude. La ré-analyse ERA5 est une formidable source d'information sur notre système Terre et son climat mais sa résolution spatiale, tant horizontale que verticale, est loin des standards des modèles de prévision qui atteignent aujourd'hui des résolutions hectométriques.

Ces démonstrateurs offrent donc une représentation encore très partielle de l'atmosphère, avec un nombre limité de variables, une résolution spatiale loin de l'état de l'art, et des cohérences physiques imparfaites. Malgré ces faiblesses bien identifiées, la démonstration est faite qu'il est possible de prévoir une partie des paramètres météorologiques, avec une certaine qualité, et dans des temps très courts.

Ainsi les services météorologiques, notamment européens, se mobilisent pour développer des systèmes de prévision entièrement basés sur l'apprentissage, mais avec l'objectif de se rapprocher de la finesse des modèles opérationnels actuels. Ces futurs systèmes par apprentissage sont, comme les systèmes actuels, sensibles aux conditions initiales, et leur prévisibilité décroît avec l'échéance de prévision. Un des enjeux sera donc de construire des versions probabilistes ou ensemblistes de ces systèmes. Au-delà de ces développements, les axes de travail s'orientent également vers la résolution variable, la descente d'échelle, le processus de création des conditions initiales, la valorisation des données connectées, ... et avec des points d'attention sur la cohérence des champs prévus et l'explicabilité des prévisions. C'est un nouveau pan de recherche qui s'ouvre devant les services météorologiques, mais qui ne doit pas faire perdre de vue la poursuite des travaux d'amélioration des modèles de prévision physiques. Il ne s'agit pas de remplacer l'un par l'autre, mais de mettre en synergie ces deux approches.

**Marc PONTAUD et Laure RAYNAUD**  
Météo-France, Toulouse

**Pour en savoir plus :**

R. Lguensat (2023), Les nouveaux modèles de prévision météorologique basés sur l'intelligence artificielle : opportunité ou menace ? *La Météorologie* n°121 mai 2023 pp 11-15  
Brochet, C., L. Raynaud, N. Thome, M. Plu, and C. Rambour, 2023: Multivariate Emulation of Kilometer-Scale Numerical Weather Predictions with Generative Adversarial Networks: A Proof of Concept. *Artif. Intell. Earth Syst.*, 2, 230006, <https://doi.org/10.1175/AIES-D-23-0006.1>

# FOCUS

## Automatisation du Réseau Climatologique d'État à Météo-France, un point d'avancement

Lancé en novembre 1945 à la suite des commissions météorologiques départementales, le Réseau Climatologique d'État (RCE) opéré par Météo-France a pour mission la surveillance et la mémoire du climat.

Ce réseau était constitué de bénévoles qui, quotidiennement, relevaient précipitations, temps sensible et température. Au plus fort de son activité, le réseau comptait près de 3700 observateurs répartis sur l'ensemble des territoires métropolitain et ultra-marins de la France. 68 % des longues séries de données (plus de 30 ans de mesure) dans la base de données climatologique nationale sont issues de postes du RCE. La difficulté de renouvellement des observateurs et le coût d'animation de ce réseau ont conduit Météo-France à devoir trouver un modèle de gestion plus pérenne pour pouvoir sécuriser un maximum les séries les plus anciennes, tout en recentrant son réseau. Cette pérennisation s'est traduite par la sélection d'une solution automatique pour les quelques 850 postes retenus en métropole et outre-mer. Cette solution a permis d'augmenter la résolution temporelle du réseau avec des mesures effectuées toutes les minutes et transmises, pour la grande majorité des stations, toutes les 6 minutes.



Fig.1 - Station Pulsia IV à Ancelle (05) - Météo-France

La quasi-totalité de la phase d'automatisation s'est étalée entre 2017 et 2023. Les sites retenus pour cette phase ont été équipés de stations automatiques de type Pulsia IV (fig.1 ▲) avec abri et sonde de température de type PT100 et d'un pluviomètre Précis Mécanique PM3029 ou Lambrecht-Rain200 avec réchauffage pour les sites dits "froids". Cette solution a pour avantage d'être légère, facile d'installation et adaptée à la mesure de 2 paramètres (pluie et température).

Le pilotage de cette automatisation a été réalisé par la Direction des Systèmes d'Observation (DSO) et la Direction de la Climatologie et des Services Climatiques (DCSC) de Météo-France en concertation avec les équipes des centres interrégionaux. L'automatisation ne pouvant pas systématiquement être réalisée chez l'observateur, il a également fallu trouver de nouveaux terrains tout en veillant à rester dans une zone climatiquement homogène pour éviter une rupture dans les séries de données.

Des critères ont été définis et sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Type de site	Distance maximum entre l'ancien poste manuel et le nouveau poste automatique	Différence d'altitude maximale entre l'ancien poste manuel et le nouveau poste automatique
Plaine (altitude inférieure à 800 m)	3 km	50 m
Montagne (altitude supérieure à 800 m sur même orientation)	1 km	30 m

La distinction entre les sites de plaine et ceux de montagne est importante du point de vue climatologique, mais également pour le choix des matériels à installer. En effet, l'ensemble des sites de montagne est équipé d'un pluviomètre réchauffé, ce qui implique un raccordement au réseau électrique et ajoute ainsi une contrainte supplémentaire dans la recherche de sites.



Fig. 2 - Station Mercury avec capteur hauteur de neige à St-Sorlin-d'Arves (73)

L'ensemble de ces contraintes a engendré des retards dans l'automatisation de certains sites principalement situés en montagne. Les sites les plus froids connaissant des épisodes neigeux significatifs seront quant à eux équipés d'une solution matérielle similaire aux sites du réseau RADOME, à savoir une station automatique de type Mercury avec pluviomètre réchauffé et capteur hauteur de neige (fig. 2 ▲). Ce type d'installation, plus lourd et plus coûteux, concerne un peu plus d'une centaine de sites du RCE et permettra la pérennisation des longues séries de données en montagne particulièrement précieuses pour le suivi de l'enneigement dans le contexte climatique actuel.



Fig.3 - Carte du RCE au 13/12/2023 en métropole. Les postes déjà automatisés figurent en rouge, ceux encore manuels en bleu (Météo-France)

À ce jour, 86 % du RCE est automatisé (fig. 3 ◀) et les principaux sites restant à automatiser se trouvent dans les départements alpins. Parmi les sites les plus emblématiques qui seront automatisés et pérennisés en 2024, le poste de Saint-Véran (05) ouvert en 1928. Il est le plus haut poste du réseau et est considéré comme poste de référence pour le suivi climatique dans le Queyras grâce à sa longue série de mesures.

Ludovic BERNÈDE  
Météo-France

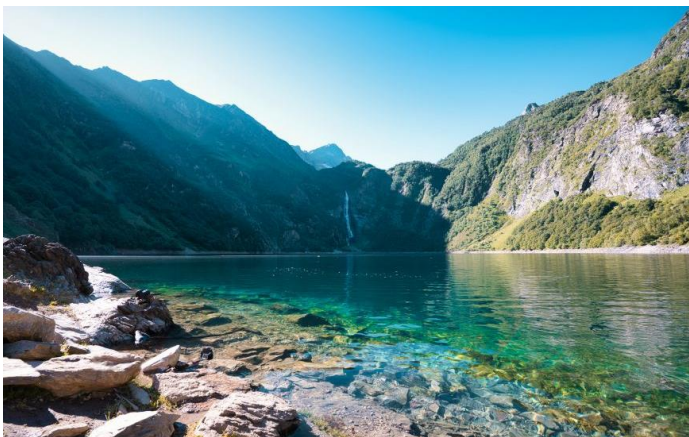
## EN BREF

### RAPPORT DE L'UNESCO SUR L'ÉTHIQUE DE L'INGÉNIERIE CLIMATIQUE

Des propositions pour une ingénierie climatique sont de plus en plus fréquemment présentées et discutées face à la progression du changement global. À la lumière des développements en cours, des appels se font en faveur d'une évaluation approfondie des implications éthiques, sociales et culturelles de ces mesures. Le récent rapport du COMEST de l'UNESCO propose des recommandations en vue de construire une éthique normative de l'ingénierie climatique. Le COMEST est la Commission Mondiale d'Éthique des connaissances Scientifiques et des Technologies.

+ d'infos :

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386677>

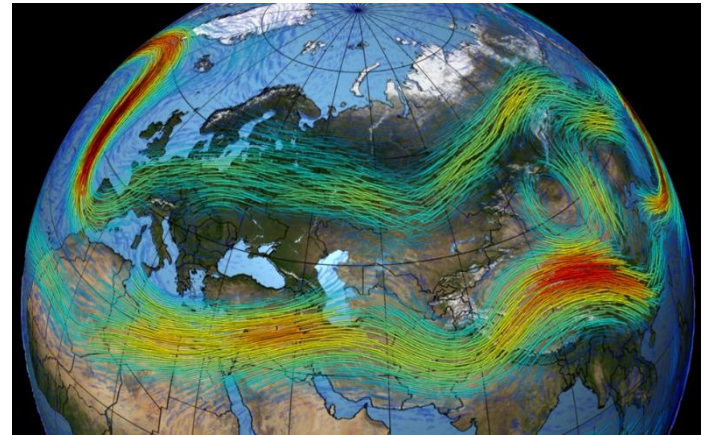


### LE FUTUR DES RESSOURCES EN EAU DANS LES PYRÉNÉES

Le projet PIRAGUA, réalisé en collaboration franco-espagnole, présente deux monographies analysant l'état actuel et le futur des ressources en eau des Pyrénées et de leurs régions. Dans le contexte du changement climatique mondial, ce projet scientifique propose des mesures d'adaptation pour la gestion des ressources hydriques sur ces différents territoires. Deux publications, disponibles dans des éditions en espagnol et en

français, présentent les principaux résultats : les rivières des Pyrénées auront des débits annuels de plus en plus faibles, jusqu'à -15 % d'ici 2040, voire -20 % à la fin du siècle ; s'y ajoute une saisonnalité de plus en plus marquée, avec des périodes sèches plus longues et plus intenses en été.

+ d'infos : <https://urlz.fr/pqsQ>



### L'ACCÉLÉRATION DU COURANT JET

Une étude récente d'équipes de l'Université de Chicago et du NCAR (National Center for Atmospheric Research, États-Unis) vient de conclure que le Jet Stream va se renforcer significativement dès le milieu du siècle en réponse au changement climatique. Cette étude, parue dans Nature Climate Change, prévoit une accélération moyenne de ce vent de 2 % par degré de réchauffement. Les vents les plus forts devraient quant à eux s'accélérer 2,5 fois plus vite que le vent moyen.

+ d'infos : <https://urlz.fr/pqu1>

## Observation de l'atmosphère depuis l'espace : les nouveaux défis

L'observation de l'atmosphère depuis l'espace est essentielle pour améliorer nos connaissances sur les processus physiques en œuvre dans le système Terre et les modèles météorologiques et climatiques.

Ce numéro spécial est donc l'opportunité de revenir sur les principaux programmes spatiaux des 15 dernières années et présenter les enjeux de demain.

15 ans, c'est un peu moins que la durée de vie du satellite CALIPSO, qui a été lancé en 2006 et dont la mission s'est achevée en août 2023. Cette mission, embarquant un des premiers lidars spatiaux (CALIOP) ainsi qu'un radiomètre infrarouge (IIR), a été mise en œuvre conjointement par le CNES et la NASA. Elle constituait l'un des éléments majeurs de la constellation A-Train, qui a permis d'observer l'atmosphère terrestre à travers un ensemble d'instruments complémentaires embarqués sur 6 satellites volant en train. Cet observatoire spatial, fruit d'une collaboration internationale dans laquelle la France a joué un rôle de premier plan au côté des Etats-Unis et du Japon, a ainsi ouvert la voie à une compréhension plus fine des processus au cœur de la physique de l'atmosphère, comme les interactions entre nuages et aérosols.

À elle seule, la mission CALIPSO a donné lieu à plus de 6000 publications.

Un autre domaine dans lequel l'apport des observations spatiales a été significatif est celui de l'étude de la convection, et notamment de la convection profonde.

En effet, au sein de l'observatoire GPM, le satellite franco-indien Megha-Tropiques a fourni des mesures pendant plus de 10 ans (2011-2022), acquises notamment par un radiomètre micro-onde développé par le CNES (SAPHIR). Elles ont permis par exemple de mieux comprendre les orages tropicaux et les bilans d'eau et d'énergie dans les systèmes convectifs.

Les agences spatiales travaillent depuis plusieurs années à la prochaine génération de ces instruments.

Un programme phare de la prochaine décennie sera la mission AOS, mené par la NASA en collaboration avec le CNES, la JAXA et la CSA, et qui sera constitué de 4 satellites : 2 sur une orbite polaire pour l'étude des aérosols et des nuages, et 2 sur une orbite inclinée, observant la convection et les précipitations. Le CNES fournira notamment deux radiomètres micro-ondes de nouvelle génération, qui observeront la dynamique des systèmes convectifs profonds.

Les programmes spatiaux de la prochaine décennie incluront également des nano-satellites, développés soit par des acteurs privés du New Space, soit par les agences spatiales et les maîtres d'œuvres historiques. De plus courte durée de vie mais de moindre coût, ces missions seront complémentaires des plus gros satellites. Dans cette gamme, le CNES est engagé dans le développement de deux nano-satellites pour l'étude des nuages à l'échelle décimétrique : c'est la mission C3IEL, menée en collaboration avec l'agence spatiale Israélienne.

Ces satellites embarqueront des caméras qui observeront sous différents angles de vue des nuages, permettant de restituer leurs vitesses verticales par stéréoscopie.

Des mesures de vapeur d'eau et de l'activité électrique de nuages seront également effectuées. Cette mission, prévue début 2027, devrait permettre d'améliorer les modèles météorologiques, en particulier les LES (Large Eddy Simulation) sans lesquels les processus physiques liés aux nuages convectifs restent encore mal représentés aujourd'hui.



Figure 1: Vue d'artiste des deux satellites de la mission C3IEL

À l'échelle européenne, les prochaines années verront le lancement de différentes missions structurantes pour la météorologie : les satellites géostationnaires MTG (S1 et I2 en 2025 et 2026 respectivement) et les satellites défilants Metop-SG (en 2025). Parmi les différents instruments embarqués par ces satellites, on pourra noter le sondeur infrarouge IASI-NG, qui permettra de détecter et quantifier de nombreux gaz dans l'atmosphère avec des performances améliorées par rapport à la précédente génération, et le radiomètre multi-angulaire 3MI qui donnera des informations inédites sur les aérosols grâce à la mesure de la polarisation.

Les défis sont donc nombreux pour préparer ces nouvelles missions, presque toutes uniques en leur genre, et exploiter au mieux leurs données afin d'enrichir nos connaissances météorologiques et climatiques.

**Adrien DESCHAMPS**  
Responsable de programme  
Atmosphère Météorologie Climat au CNES

# LA CHRONIQUE DE GUY BLANCHET

## Remarquables contrastes de température en janvier 2007

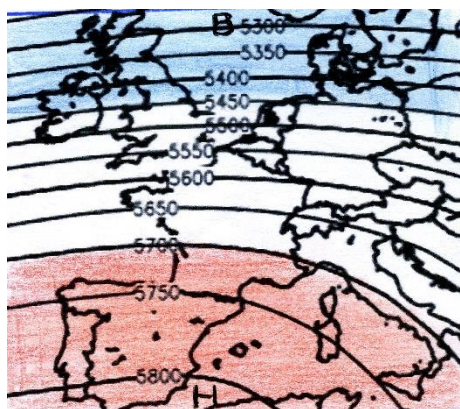


Fig.1 - Situation moyenne du 1<sup>er</sup> au 20 à 500 hPa

Le mois de janvier 2007 a connu d'importants contrastes de température au point que se sont succédé des records de douceur et des records de froid ! Il a été également marqué par un épisode neigeux bref, mais notable, des vents parfois tempétueux et de grands contrastes pluviométriques.

### ÉVOLUTION DE LA SITUATION SYNOPTIQUE

Durant les deux premières décades, la France est soumise à un régime océanique quasi permanent (fig. 1 ◀) avec des tempêtes en début de mois, le 11 et surtout le 18 (fig. 2 et 3 ▼). Du 22 au 25 (fig. 4 et 5 ▼), une goutte froide centrée sur la France génère des chutes de neige dans plusieurs régions. À partir du 26 (fig. 6 et 7 ▼), l'hiver se manifeste par l'arrivée d'air arctique par le nord-ouest.

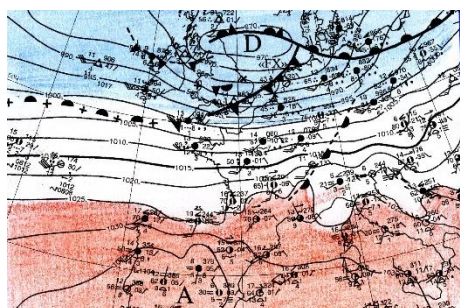


Fig.2 - Situation en surface le 18/01

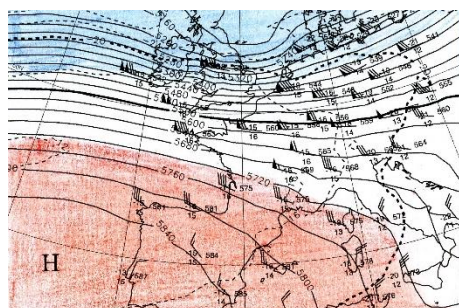


Fig.3 - Situation à 500 hPa le 18/01

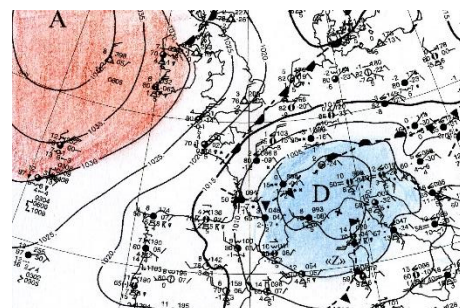


Fig.4 - Situation en surface le 23/01

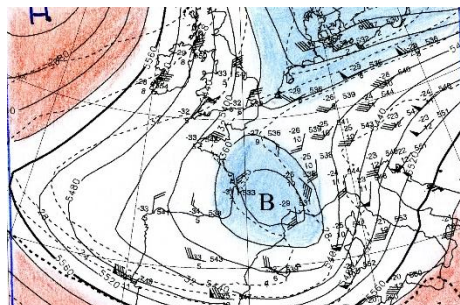


Fig.5 - Situation à 500 hPa le 23/01

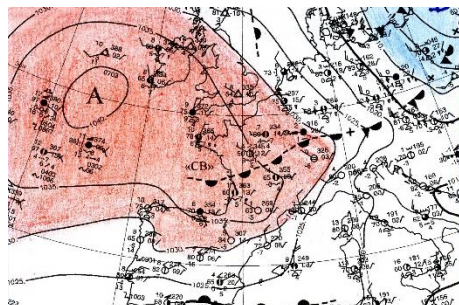


Fig.6 - Situation en surface le 27/01

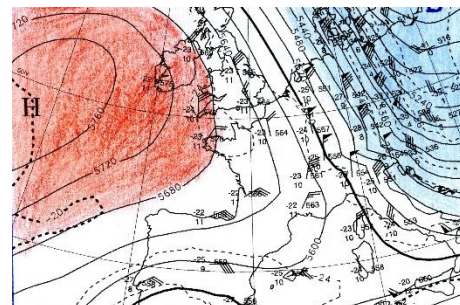


Fig.7 - Situation à 500 hPa le 27/01

### LA DOUCEUR DES DEUX PREMIÈRES DÉCADES

Une grande douceur règne durant les deux premières décades ; chaque jour, la température est supérieure à la "normale". C'est entre le 18 et le 20 janvier que l'on enregistre les maximums mensuels : 27,4°C à Roquestéron (06), 26,3°C à Puget-Théniers (06), 24,1°C à Socoa (64), 23,5°C à Cambo-les-Bains (64), 23,2°C à Corte (20), 23,1°C à Roquebrun (34), 23°C à Hyères (83), 22,8°C à St-Raphaël (83), 22,6°C à Tallard (05), 22,4°C au Vigan (30), 22°C au Luc (83) et Mirande (32), 21,7°C à Manosque (04), 21,4°C à Sartène (20) et 21,3°C à St-Auban (04).

Les gelées sont très rares durant cette période, même dans l'est du pays ; un seul jour à Strasbourg, Dijon, Clermont-Ferrand, Vichy, Nancy, Charleville-Mézières, Aurillac, Rennes, Auxerre, Bourges, Colmar, Épinal et Belfort, 2 à Chambéry et Metz, 4 à St-Auban, 7 à Bourg-St-Maurice, Embrun et au Puy-Loudes ; aucune gelée dans le Midi et du

Nord au Sud-ouest, ainsi qu'à Lyon, St-Etienne, Limoges, Besançon etc.

### L'ÉPISODE NEIGEUX DU 22 AU 25 JANVIER

Une goutte froide se met en place sur la France ; elle provoque des précipitations souvent neigeuses dans diverses régions ; elles se sont manifestées d'abord de l'Est de la France au Limousin, puis sur une bande allant de la Normandie au Pays basque. Les hauteurs du manteau neigeux ont atteint 50 cm à Guéret (23), 50 à 60 dans le Morvan, 40 au Hohwald (67), à La Pesse (39), au col de la Loge (03), à St-Agrève et Loubarresse (07), 30 à Evisa et Calacuccia (20), dans le sud du Berry, sur le plateau de Millevaches (19), les monts de Lacaune (81), 20 à 40 sur le Vercors, 25 à Laguiole (12) et Monsols (69), 22 à Limoges (87), 16 à Strasbourg (67), 15 à Aurillac (15), 14 à Dijon (21), 13 à Grenoble (38), 12 à Langres (52) et Vichy (03), 11 à Nevers (58) et Caen (14), 9 à Clermont-Ferrand (63) et à Mâcon (71) et 4 à Lyon (69).

## LE COUP DE FROID FINAL

À partir du 26 janvier, de l'air arctique envahit la France entraînant une chute impressionnante de la température. En quelques jours, certaines stations ont vu la température s'effondrer de plus de 30°C ! Par exemple, à Issoire (63), la température qui avait atteint un maximum de 19,1°C le 19, tombe à un minimum de -17,3°C le 27 ! Les plus basses températures affichent -21,1°C à St-Martin-de-de-Belleville (73), -20,1°C à Bessans (73), -19,9°C à Auberive (52), -19,4°C à Mouthe (25), -19°C à Tignes (73), -18,5°C à Félines (43), -18,3°C à l'Alpe d'Huez (38), -17,9°C à Pionsat (63), -17,4°C à Coltines (15), -17,3°C à Issoire (63), -17,2°C à St-Ouen-les-Parey (88), -17°C à Arbent (01) et à Baigneux-les-Juifs (21), -16,5°C à Epinal (88) et à Massiac (15), -16,3°C au Puy (43), -16,2°C à St-Etienne-en-Dévoluy (05), -16°C à Maljasset (04) et Riom-ès-Montagnes (15), -15,8°C à Barcelonnette (04) et au Monêtier (05), -15,7°C à Vichy (03), -15,2°C à Autrans (38), -14,5°C à Clermont-Ferrand (63), -13,2°C à Nevers (58) et -12,9°C à St-Etienne (42). En toute fin de mois, les températures amorcent une légère remontée.

## LES TEMPÊTES

Le vent a souvent soufflé avec force durant ce mois ; le nombre de jours avec rafale  $\geq 58$  km/h a été supérieur à la normale au nord d'une ligne Nantes-Mulhouse.

Le 1<sup>er</sup> janvier, les rafales atteignent 163 km/h à au port de Bastia, 148 au cap Corse, 137 au cap Béar (66), 133 à l'île de Ré, 126 à la Pointe du Raz (29) et à Méribel (73), 115 à Chambéry (73). Le 18 janvier, en marge d'une profonde dépression qui circule des Iles britanniques au Danemark, on enregistre 180 km/h sur la crête des Vosges, 151 au Cap Gris-Nez (62), 148 au cap Corse, 144 à Boulogne (62), 131 à Steenworde (59), 126 à Lille (59), Calais (62), Abbeville (80) et Colmar (68), 119 à Caussols (06), 118 à Dieppe (76) et Dunkerque (59).

## LES PRÉCIPITATIONS

Malgré la fréquence des régimes perturbés, la pluviométrie mensuelle est globalement déficitaire ; on remarque de beaux effets de foehn en Auvergne et en Alsace.

Dans le Cantal : 211 mm au Lioran et 28 à Faverolles ; dans le Puy-de-Dôme : 215 mm à Super-Besse, 35 à Clermont et 30 à Issoire ; dans le Bas-Rhin : 288 mm au Champ du Feu et 43 à Strasbourg ; dans le Haut-Rhin : 359 mm à Mittlach et 22 à Colmar-Meyenheim ; dans le Territoire-de-Belfort : 460 mm au Ballon d'Alsace et 124 à Belfort.

Malgré le refroidissement survenu en fin de mois, janvier 2007 se situe au 4<sup>ème</sup> rang des mois de janvier les plus chauds de la période 1974-2023.

**Guy BLANCHET**  
Météo et Climat

# FOCUS

## Le permafrost alpin à l'épreuve de la crise climatique

Le permafrost correspond à tous les matériaux lithosphériques dont la température reste durablement inférieure ou égale à 0°C. En montagne, cet état thermique concerne les parois rocheuses et les formations superficielles (moraines, éboulis, etc.). Son étendue potentielle dans les Alpes françaises est estimée entre 700 et 1500 km<sup>2</sup>. Ce chiffre est bien supérieur à la couverture glaciaire puisque les 503 glaciers des Alpes françaises n'occupaient plus que 212 km<sup>2</sup> en 2022. Sans présence de glace dans les fissures de la roche ou les anfractuosités du sol, le réchauffement du permafrost ne serait rien d'autres qu'un indicateur de la crise climatique. Mais cette glace qui cimente les masses rocheuses est bien présente en haute montagne, parfois même en quantités importantes comme dans les glaciers rocheux, ces mélanges de matériaux rocheux meubles et de glace qui s'écoulent le long de certains versants sous la forme de langues.

Des dizaines de capteurs de température de surface sont actuellement en fonctionnement à la surface des parois rocheuses des Alpes françaises pour préciser la distribution du permafrost de paroi. Un inventaire des glaciers rocheux permet également de contraindre la modélisation. 3261 glaciers rocheux ont été identifiés parmi lesquels 814 ont été reconnus comme étant actifs, c'est-à-dire que de la glace est présente en quantité suffisante dans les masses de débris rocheux pour que celles-ci se déplacent (quelques dizaines de centimètres à plusieurs mètres par an).



Fig. 1 - L'écroulement d'août 2022 dans la face nord de la Tour Ronde (massif du Mont-Blanc)

Le réchauffement du permafrost et la dégradation associée de la glace ainsi que les déstabilisations plus ou moins volumineuses qui en découlent modifient les paysages (fig. 1 ▲) et font peser de nouveaux risques pour les alpinistes, les infrastructures (à commencer par les refuges et remontées mécaniques) et parfois les vallées à travers des effets en cascade (avalanches, coulées boueuses, etc.).



Les glaciers rocheux présentent de plus en plus fréquemment des comportements anormaux à l'origine de glissements de terrain et/ou de laves torrentielles. Cela se traduit par des ruptures (fissures, crevasses) et une augmentation des vitesses de déplacement. Les vitesses des glaciers rocheux ont ainsi augmenté de manière significative depuis les années 1990, en même temps que le développement de nombreuses déstabilisations. Dans les parois rocheuses, la chaleur se propage par conduction tandis que les fractures favorisent les circulations d'air et l'advection de chaleur par les infiltrations d'eau.

Ces éléments expliquent que les étés 2023 et 2023 extrêmement chauds aient été particulièrement favorables aux déstabilisations rocheuses. De 2007 à 2021, 1389 écroulements de plus de 100 m<sup>3</sup> ont été recensés, soit une moyenne d'environ 90 événements par an.

En 2022, près de 300 écoulements ont été documentés, un record !

Les écroulements apparaissent associés au permafrost de manière manifeste, avec souvent pour origine l'approfondissement de la couche active (la couche qui dégèle chaque été) et au réchauffement et à la fonte de la glace contenue dans les fractures qui en résultent.

En 2022, la couche active a été la plus épaisse jamais enregistrée dans les six forages de parois français (fig. 2 ▲). En 10 ans, la couche active s'est approfondie de 2 m en moyenne.

À 10 m de profondeur à l'Aiguille du Midi, les températures ont dans le même temps augmenté jusqu'à plus de 1°C.

Mais les écroulements surviennent souvent bien avant que le maximum de couche active soit atteint, ce qui soutient l'hypothèse de processus liés à l'eau accélérant le transfert de chaleur et augmentant les pressions hydrauliques dans les fissures. De manière générale, de nouvelles recherches sont nécessaires pour mieux comprendre ces processus hydrogéologiques, mais également pour développer des stratégies de diagnostic et améliorer la prédictibilité des risques liés aux écroulements rocheux.

**Ludovic RAVANEL**

Laboratoire EDYTEM, Le Bourget du Lac

**Pour en savoir plus :**

Magnin F., Ravanel L., Ben-Asher M., Bock J., Cathala M., Duvillard P.-A., Jean P., Josnin J.-Y., Kaushik S., Revil A., Deline P. (2023). De l'observation des écroulements aux solutions opérationnelles : près de deux décennies d'études sur les risques cryo-gravitaires dans le massif du Mont-Blanc. *Revue de Géographie Alpine*. <https://doi.org/10.4000/rga.11644>

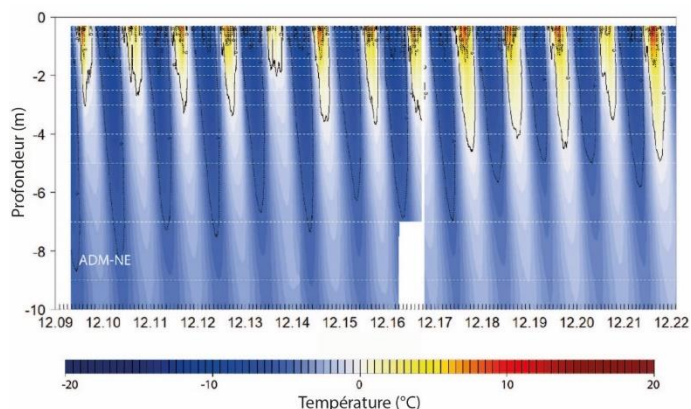


Fig.2 - Évolution des températures dans la roche sur le versant NE de l'Aiguille du Midi. Noter l'approfondissement de la « couche active » en couleurs chaudes et le record de 2022 (dégel jusqu'à 5 m). Source : Magnin et al., 2023, PPP.

# FOCUS

## Campagne océanographique AMARYLLIS-AMAGAS II : déchiffrer l'histoire du climat amazonien et nord-est brésilien du fond de l'océan

La campagne océanographique AMARYLLIS-AMAGAS II résulte de la fusion de deux projets multidisciplinaires qui visent à mieux établir le rôle majeur mais incertain joué par la région amazonienne dans le climat global de la Terre.

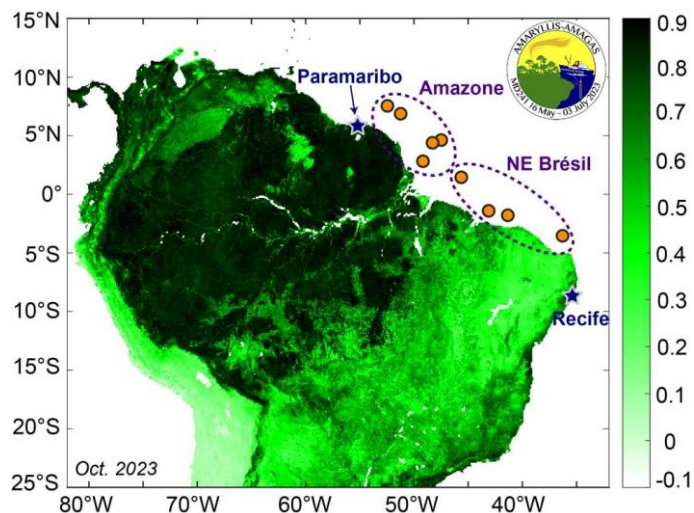


Fig. 1 - Contexte régional en Amérique du Sud tropicale. Indice satellitaire de végétation indiquant le degré de verdure au mois d'octobre 2023

[https://neo.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MOD\\_NDVI\\_M](https://neo.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MOD_NDVI_M). On observe un fort contraste entre la forêt amazonienne très verte et la région semi-aride du nord-est brésilien. Le tracé de la campagne AMARYLLIS-AMAGAS II est aussi illustré : ports d'embarquement et débarquement (étoiles bleues), stations étudiées (points orange) et zones d'études (cercles tiretés violets).

La forêt amazonienne (fig. 1 ▲) héberge la biodiversité terrestre la plus riche au monde. Représentant la moitié des forêts tropicales du globe, elle constitue aussi un puits majeur de carbone, absorbant jusqu'à 25 % du carbone terrestre. Pourtant, son rôle comme puits de carbone dépend de processus mal contraints, tels que les variations d'intensité et de répartition des précipitations ou l'apport des poussières sahariennes qui catalysent la fertilisation des sols amazoniens.

De façon contrastée, la région nord-est du Brésil est une zone semi-désertique (fig. 1). Sa végétation typique (appelée "caatinga") de petits arbres épineux adaptés à l'aridité résulte de très faibles précipitations annuelles. Le Nord-Est brésilien subit aussi des épisodes intenses de sécheresse qui affectent durement 30 millions d'habitants. Ces épisodes risquent de s'amplifier à l'avenir et menacent la sécurité en eau, en énergie et en nourriture de dizaines de millions d'habitants de la région nord-est brésilienne, mais aussi du bassin amazonien.

Ces incertitudes sur l'évolution climatique actuelle et future de ces deux régions reflètent une compréhension seulement partielle des mécanismes gouvernant les variations naturelles de l'hydroclimat sud-américain. Cette compréhension peut être améliorée en déchiffrant l'histoire climatique passée de ces deux régions, encore très incertaine par l'absence d'enregistrements continus, suffisamment résolus et remontant au-delà des derniers 25 milliers d'années.

La campagne AMARYLLIS-AMAGAS II visait ainsi à prélever des carottes sédimentaires de longueur et diamètre variés dans les deux zones d'étude : les régions amazonienne et nord-est du Brésil (fig. 1). Elle a eu lieu du 12 juin au 3 juillet 2023 entre les ports de Paramaribo au Suriname et de Recife au Brésil, à bord du navire français Marion Dufresne. L'équipe scientifique, composée de 55 scientifiques de sept laboratoires français et trois universités brésiliennes (fig. 2 ▼), reflète l'envergure du projet et l'étroite collaboration franco-brésilienne.



Fig. 2 - L'équipe scientifique embarquée (majoritairement féminine) de la campagne AMARYLLIS-AMAGAS II devant le navire océanographique Marion Dufresne au port d'embarquement de Paramaribo (Suriname). Crédit : Anaïs Duhayon Photographie

Un total de 442 m de sédiments (~9 tonnes) a été prélevé à 9 stations (fig. 1) : 9 carottes longues (40-50 m), 10 carottes intermédiaires (~10 m) et 8 carottes d'interface eau-sédiment (~40 cm). Ces carottes, d'une qualité exceptionnelle, vont permettre de reconstruire, avec une résolution temporelle unique, les variations hydroclimatiques régionales en termes d'érosion, de précipitations et de végétation, et de mieux cerner vers les forçages du climat sud-américain tropical, en relation avec les changements reconstruits dans l'Atlantique tropical adjacent, sur des échelles temporelles variées (anthropiques, millénaires, orbitales) des derniers millions d'années.

Les premières datations et les premières analyses (géochimiques, isotopiques, magnétiques, polliniques) sont en cours dans les divers laboratoires. Plusieurs projets scientifiques sont en cours d'élaboration entre la France et le Brésil autour du matériel collecté lors de la campagne et illustrent l'excellente dynamique scientifique entre les deux pays. L'aventure se poursuit maintenant dans les laboratoires !

**Aline GOVIN** Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement et **Cristiano M. CHIESSI** Univ. de São Paulo

Pour en savoir plus :

Référence de la campagne : <https://doi.org/10.17600/18003360>

Carnet de bord de la campagne : <https://amaryllis.ipsl.fr/>

# FOCUS

## Les projections climatiques et hydrologiques Explore 2 sur la France hexagonale et le nouveau portail DRIAS-Eau

À l'échelle planétaire, le changement climatique influence fortement le cycle de l'eau, via notamment l'évolution du régime des précipitations et l'augmentation de la demande évaporative (GIEC, 2021). C'est également le cas en France hexagonale (métropolitaine), où la hausse des températures, supérieure à +1,7°C depuis 1900, va de pair avec une augmentation de l'évapotranspiration potentielle de 20 % depuis 1970. Si le cumul annuel moyen de précipitation, très variable d'une année à l'autre, est stationnaire depuis 1960, des différences sont visibles entre le nord du pays avec des tendances majoritaires à la hausse et le sud, connaissant de nombreuses baisses. Parallèlement, la fréquence de la sécheresse des sols s'est aggravée. Des évolutions sont aussi observées sur les débits moyens annuels et les débits d'étiage des cours d'eau (<https://makaho.sk8.inrae.fr/>).

Le projet Explore2 (<https://professionnels.ofb.fr/fr/node/1244>) lancé en 2021, avec le soutien du Ministère de l'Écologie et de l'Office Français de la Biodiversité vise à mettre à jour les simulations hydrologiques sur la France et accompagner les acteurs concernés à leur bonne prise en main.

Un nouveau jeu de projections climatiques régionalisées sur la France a été élaboré, complétant l'ensemble DRIAS-2020 (Soubeyroux et al., 2021) par de nouvelles simulations permettant de mieux analyser les sources d'incertitudes (<http://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/128>). L'ensemble de projections climatiques Explore2, qui a été comparé aux premiers résultats des simulations planétaires CMIP6, propose une sélection de simulations climatiques (17 pour le scénario RCP8.5 de fortes émissions de gaz à effet de serre, 9 pour le scénario RCP4.5 d'émissions intermédiaires et 10 pour le scénario RCP2.6 de faibles émissions ; <http://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/354>). Dans le cadre du projet Explore2, 9 modèles hydrologiques de surface, un modèle estimant la recharge potentielle et 2 modèles traitant des eaux souterraines ont été mobilisés (<https://www.drias-eau.fr/accompagnement/sections/304>).

Les analyses complètes seront communiquées à l'été 2024 mais des premiers résultats généraux ont été établis en 2023 sur le climat et l'hydrologie.

L'ensemble de projections climatiques d'Explore2 a des caractéristiques globales similaires à celles du jeu DRIAS-2020. Pour la température de l'air, il est attendu une hausse continue des températures annuelles (entre +3,1°C et +5,2°C par rapport à 1976-2005 sous RCP 8.5 en fin de 21<sup>ème</sup> siècle), avec une augmentation plus forte l'été que l'hiver, une hausse plus marquée sur le Sud-Est et sur les reliefs par rapport au Nord-Ouest. Pour les précipitations (fig. 1 ▼), il n'y a pas de signal clair pour l'évolution du cumul annuel des précipitations tandis qu'apparaissent des contrastes saisonniers et géographiques plus significatifs en fin de siècle sous RCP8.5 : hausse en hiver, baisse en été ; un peu plus de pluie au nord, un peu moins au sud.

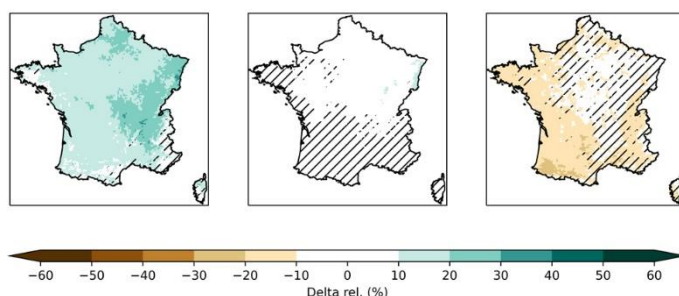


Fig. 1 - Evolution du cumul de précipitation (hiver à gauche, annuel au centre, été à droite) à l'horizon milieu du 21ème siècle, par rapport à la période 1976-2005, pour le scénario RCP 8.5. La médiane de l'ensemble Explore2 est représentée. Dans les zones hachurées, il n'y a pas de concordance sur le signe de l'évolution d'au moins 80 % des simulations.

Le signal contrasté de l'évolution des précipitations du point de vue saisonnier et géographique, combiné à la hausse généralisée des températures, se propage ensuite dans les autres composantes du cycle de l'eau avec des réponses différenciées selon les métriques considérées (fig 2 ▼ sous RCP8.5) :

- pour le débit moyen en hiver, les tendances à la hausse se concentrent dans le nord-est de la France et les zones de montagne, et les baisses dans le sud de la France,
- pour le débit d'étiage, une baisse quasi généralisée se dessine,
- pour le débit journalier maximum annuel, une tendance à la hausse émerge sur le nord de la France mais des baisses sont possibles dans le sud.

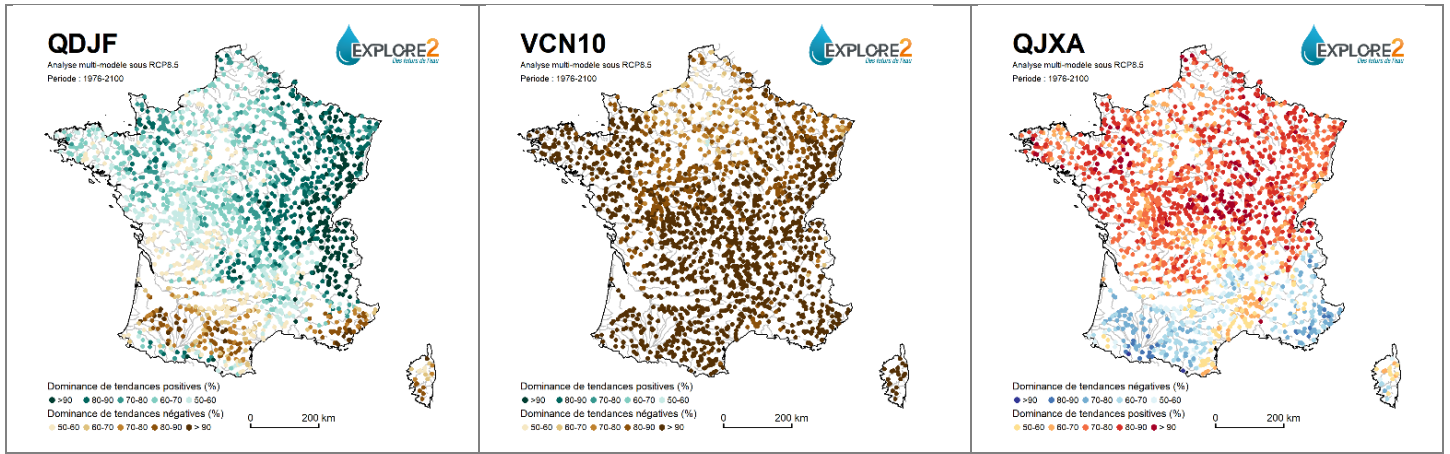


Fig. 2 - Signe majoritaire et proportion associée des tendances linéaires sur l'ensemble du XXI<sup>ème</sup> siècle pour le débit moyen en hiver QDJF (à gauche), le débit d'étiage estival VCN10 (au centre) et le débit de hautes eaux QJXA sous scénario RCP8.5 avec un sous-ensemble de projections hydrologiques. Les résultats du projet Explore2 et les données associées seront publiés sur le portail DRIAS-Eau (<https://drias-eau.fr/>), développé dans le cadre du projet Européen LIFE Eau & Climat (<https://www.gesteau.fr/life-eau-climat>). Ce portail, ouvert en mars 2023 avec les données d'un premier modèle hydrologique, reprend la structuration de "DRIAS, les futurs du climat" avec trois espaces dont un offrant des outils de téléchargement. Il sera complété d'ici à l'été 2024.

Jean-Michel SOUBEYROUX Météo-France, Direction de la Climatologie et des Services Climatiques  
Eric SAUQUET INRAE, Coordinateur scientifique du projet Explore2

**Pour en savoir plus :**

Soubeyroux, J.-M., Bernus, S., Core, L., Drouin, A., Dubuisson, B., Etchevers, P., Gouget, V., Josse, P., Kerdoncuff, M., Samacoits, R et Tocquer, F., 2021. Les nouvelles projections climatiques de référence Drias 2020 pour la métropole. <http://www.drias-climat.fr/document/rapport-DRIAS-2020-red3-2.pdf>

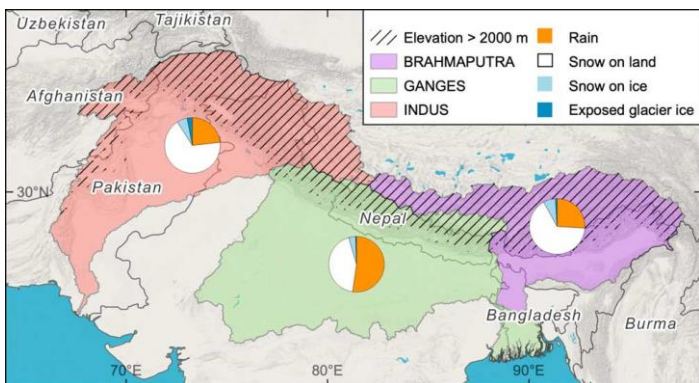
# FOCUS

## Quelle est l'importance des glaciers en termes de ressources en eau ?

Dans son discours de clôture du One Planet - Polar Summit le 10 novembre 2023, le Président de la République a déclaré qu'en 2100 "plus de la moitié des 200 000 glaciers mondiaux aura disparu avec un retentissement sur au moins un milliard d'habitants, privés de ressources en eaux".

Cette déclaration angoissante reflète-t-elle l'état actuel de nos connaissances ? On trouve des affirmations similaires en introduction de nombreux articles scientifiques mais les études qui portent spécifiquement sur la contribution hydrologique des glaciers donnent une vision bien plus nuancée.

Une étude combinant modélisation et observation par satellites qui a porté sur les bassins versant des grands fleuves d'Asie du sud (figure ◀) a montré que la fonte de la glace représente moins de 1 % du ruissellement annuel généré au-dessus de 2000 m d'altitude dans les bassins du Gange et du Brahmapoutre.



Contribution respective de la pluie (orange), de la fonte de la neige saisonnière (blanc), de la neige sur les glaciers (bleu clair) et de la glace (bleu foncé) au ruissellement moyen annuel dans trois grands bassins d'Asie au-dessus de 2000 m d'altitude durant la période 2000-2016 (d'après Armstrong et al., *Runoff from glacier ice and seasonal snow in High Asia: separating melt water sources in river flow*, Reg. Environ. Change, <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1429-0>, 2018).

L'influence des glaciers sur les écoulements peut être plus marquée à l'échelle mensuelle si la fonte a lieu pendant la saison sèche. Toutefois, ce n'est pas toujours le cas.

Par exemple, la fonte des glaciers en Himalaya oriental a lieu durant la période de la mousson, et leur contribution relative aux écoulements n'est donc pas significative même au pas de temps mensuel dans cette région. La contribution mensuelle des glaciers est plus marquée dans les climats tempérés ou semi-arides comme dans le bassin de l'Indus. Mais elle reste modeste (6 % du ruissellement généré au-dessus de 2000 m durant le mois de septembre) alors que l'Indus est souvent présenté comme l'un des grands fleuves les plus dépendants des glaciers. En fait, l'essentiel des écoulements dans ce bassin provient de la fonte du manteau neigeux saisonnier.

La contribution des glaciers devient significative si l'on se focalise dans le temps (période sèche) et dans l'espace (bassins versants de haute montagne). La perte des glaciers risque en effet d'occasionner des étiages plus sévères lors des années de sécheresse dans des bassins de montagne. Toutefois, les études disponibles n'indiquent pas que des milliards d'êtres humains seront drastiquement privés de ressources en eau à cause de la diminution des glaciers. Par ailleurs, les aquifères sont capables de stocker et restituer des volumes d'eau significatifs à des échelles annuelles à pluriannuelles tout comme les glaciers, mais

leur rôle est souvent négligé et reste méconnu. Il n'en reste pas moins que la hausse de température va bouleverser le fonctionnement hydrologique des bassins versants de haute montagne avec une cascade d'impacts sur les écosystèmes et les communautés humaines en aval. Seule une approche intégrée qui considère l'ensemble des stocks et flux hydrologiques de surface et souterrains permet de comprendre et d'anticiper l'impact du changement climatique sur les ressources en eau dans ces régions de haute montagne et en aval.

**Simon GASCOIN**

CESBIO, Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère, CNRS – Université de Toulouse – IRD – CNES, Toulouse, France)

Pour en savoir plus :

Gascoin, S., A call for an accurate presentation of glaciers as water resources. WIREs Water, e1705. <https://doi.org/10.1002/wat2.1705>, 2023.

**météo et climat**

**NANTERRE**  
**1<sup>er</sup>-2 FÉV. 2024**  
**ENTRÉE LIBRE**

**TOURNÉE DU CLIMAT ET DE LA BIODIVERSITÉ**

EXPOSITION  
• ANIMATIONS PÉDAGOGIQUES •  
PROGRAMMATION « HORS LES MURS »  
PASSONS TOUS À L'ACTION !

**AGORA**  
fabrique des futurs

20 rue de Stalingrad  
92000 Nanterre

tourneclimatbiodiversite.fr  
#tourneclimbio

**AXA** **FONDATION GROUPE EDF** **SNCF fondation** **CafésSo Daniel & Nina** **RÉPUBLIQUE FRANÇAISE** **OFB** **domorrow** **MAIRIE DE NANTERRE**

Exposition réalisée en partenariat avec le Muséum national d'Histoire naturelle

**MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE** **KPMG** **SNCF VOYAGEURS**

# AGENDA

## Nos manifestations

### Tournée du Climat et de la Biodiversité

De février à juin 2024 | France



Après avoir attiré près de 4000 visiteurs à Saint-Denis, Nantes et Brest en 2023, la Tournée poursuit son circuit à travers 9 nouvelles villes-étapes !

Le coup d'envoi sera donné à Nanterre les 1<sup>er</sup> (avec nocturne) et 2 février prochains. En marge de l'exposition, une programmation "Hors les murs" sera proposée, à travers des projections-débats, des ateliers ludiques et des conférences.

Après Nanterre, la Tournée sera accueillie à Lille (4-6 avril), Segré (8-9 avril), Bordeaux (11-12 avril), Avignon (15-16 avril), Nice (16-18 mai), Lyon (23-24 mai), Dijon (26-28 mai) et Strasbourg (12-15 juin).

+ d'infos : <https://tourneeclimatbiodiversite.fr>

### Remise du Prix Prudhomme 2023

17 janvier 2024 | CIC de Météo-France, Toulouse

Le prix André Prudhomme a été remis à la lauréate du prix 2023, Albane Barbero dans le cadre des Ateliers de Modélisation de l'Atmosphère du CNRM.

Retrouvez le replay sur [notre chaîne YouTube](#)

### Prix de l'Éducation pour le Climat

Finale le 31 mai 2024 | Académie du Climat (Paris 4<sup>e</sup>)



Le prix de l'Éducation pour le Climat est proposé dans le cadre du 21<sup>e</sup> Forum International de la Météo et du Climat. Il s'adresse aux collèges et aux lycées qui réalisent un projet pédagogique autour des enjeux du climat, de la météorologie, de l'environnement, de la biodiversité, de l'eau ou de l'énergie. Date limite : **5 avril 2024**.

Les 5 meilleurs projets seront sélectionnés pour participer à la finale du 31 mai.

+ d'infos : <https://forumeteoclimat.com/education/prix-de-leducation-pour-le-climat-2024/>

# PARUTION

## La Météorologie

### Sommaire n°124 - Février 2024



#### LA VIE DE MÉTÉO ET CLIMAT

■ La Tournée du Climat et de la Biodiversité est en route

#### ARTICLES

■ Les mesures de température à Paris de novembre 1756 à août 1792 (D. ROUSSEAU)

■ L'iconographie des fluctuations glaciaires dans les Alpes occidentales et centrales au XVIII<sup>e</sup> siècle (S. NUSSBAUMER)

■ Mécanismes physiques d'un éclair nuage-air ascendant au-dessus d'un orage méditerranéen (S. SOULA et plusieurs doctorants)

■ Dossier La science des points de bascule (doctorants)

■ Retour sur... Un automne 2023 très perturbé (M. KREITZ & M. SOREL)

#### LU POUR VOUS

#### VIENT DE PARAÎTRE

#### SAISON CYCLONIQUE

#### VU DE L'ESPACE

#### RÉSUMÉS CLIMATIQUES

# ANNONCES

6 mars  
2024

Talent for the Planet  
Parc Floral | Paris 12<sup>e</sup>

Talent for the Planet est un salon grand public qui a pour vocation d'accélérer la transition écologique et sociétale autour des métiers, de l'emploi et de la formation à impact. Il s'adresse en particulier aux lycéens, étudiants, jeunes diplômés et professionnels en quête de sens qui souhaitent concrétiser leur projet professionnel durable.

+ d'info : <https://urlz.fr/pr3M>

25-27 mars  
2024

Change NOW  
Grand Palais Éphémère | Paris 7<sup>e</sup>

ChangeNOW est un sommet qui rassemble les solutions les plus innovantes et les acteurs du changement les plus influents qui s'attaquent aux plus grands défis de notre planète, afin qu'ils agissent ensemble. Cet événement permet de créer des ponts entre les entrepreneurs, les chefs d'entreprise et les décideurs politiques afin d'accélérer le changement.

Au programme : des expositions, des conférences et des ateliers thématiques de niveau international.

+ d'info : <https://urlz.fr/p0Ts>