

ENTRETIEN



Jean-François DOUSSIN

Directeur adjoint scientifique en charge du domaine "Océan-Atmosphère" de l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU)

Pouvez-vous nous présenter les responsabilités dans votre domaine au sein du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), et plus particulièrement les activités d'intérêts plus directs pour Météo-France ?

L'Institut national des Sciences de l'Univers - INSU - est l'un des 10 instituts qui structurent le CNRS. En tant qu'Institut national, il exerce à la fois une responsabilité de gestion et une mission de coordination des communautés scientifiques qui inclut notamment leur réflexion prospective.

Le domaine scientifique "Océan-Atmosphère" - OA - couvre tant la physique et la chimie de l'atmosphère que la physique et la bio géochimie de l'océan et plus globalement, la dynamique du climat et de son changement, la météorologie ou encore la dynamique de la cryosphère. Ce sont ainsi plus d'une vingtaine de laboratoires (unités mixtes) qui y sont rattachées, dont deux en cotutelle avec Météo-France : le CNRM, avec ses trois centres de Toulouse, Grenoble et Lannion, et le LACY (Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones) à La Réunion. Mais il intervient aussi en partenariat avec Météo-France pour le pilotage de grandes infrastructures de recherche, allant de l'océanographie opérationnelle avec MERCATOR-Océan, au suivi des espèces d'intérêt climatique à courte durée de vie avec ACTRIS, à la mesure embarquée sur avion pour l'observation globale avec IAGOS, aux aéronefs instrumentés pour la recherche avec IN-AIR (incluant SAFIRE), aux pôles de données AERIS (pôle de données et de services pour l'atmosphère) au sein de DATA TERRA, et à CLIMERI, infrastructure nationale pour la modélisation du système climatique. Et les occasions de fructueuses collaborations sont nombreuses sur beaucoup d'autres sujets et thèmes transverses. Nombre de ces éléments peuvent être retrouvés sur notre site [Recherche INSU \(cnrs.fr\)](https://www.recherche-insu.cnrs.fr)

Vous avez mentionné la prospective comme une de vos missions importantes : comment l'organisez-vous ?

Nous finalisons notre prochaine prospective scientifique à partir de ce mois de janvier 2023 et apprécions la participation importante des équipes de Météo-France. Dans ce cadre, les interactions entre l'INSU et Météo France sont très régulières, à un rythme quasi-hebdomadaire, en particulier via la cotutelle du CNRM.

Mais c'est, au-delà, un moment privilégié pour identifier en commun les verrous scientifiques auxquels nos laboratoires souhaitent s'attacher pour les 5 à 10 années à venir, qu'il s'agisse d'unités mixtes entre nos deux organismes ou de coordination avec d'autres laboratoires majeurs pour les recherches météorologiques, parmi lesquels je citerais, bien sûr sans exhaustivité, le Laboratoire de Météorologie Dynamique, le Laboratoire de Météorologie Physique, et le Laboratoire d'Aérodynamique. La politique en termes de modélisation climatique n'est pas oubliée, en particulier avec la mise en œuvre du PEPR TRACCS, co-porté par le CNRS et Météo-France, qui permettra de maintenir nos capacités de modélisation, d'améliorer encore les performances de nos modèles et de préparer les services climatiques du futur.

La discussion sur les infrastructures opérationnelles est aussi présente, avec l'extension de IN-AIR vers les ballons, traditionnellement mis en œuvre par le CNES, et les drones.

De façon plus générale, comment caractériseriez-vous les relations entre le CNRS et Météo-France ?

L'INSU, et plus largement le CNRS, sont engagés avec Météo-France dans une mise en œuvre coordonnée de nombreux moyens, et ceci au quotidien. Mais, au-delà, la prospective est nécessaire pour éclairer ensemble nos trajectoires. Nous avons beaucoup à partager, entre, d'une part, visions de l'indispensable recherche fondamentale et, d'autre part, culture des résultats et de la performance en modélisation et simulation de l'atmosphère et du climat. Ce sont pour moi les clefs de nos relations, qui sont à la fois excellentes et très productives.

Propos recueillis par
Jean-Claude ANDRÉ
Météo et Climat

Météo et Climat Info n°94 – Janvier 2023

73, avenue de Paris 94165 Saint-Mandé cedex

Tél: 01 49 57 18 79

info@meteoetclimat.fr www.meteoetclimat.fr

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

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),

Daniel GUÉDALIA (OMP, Laboratoire d'Aérodynamique et Météo et

Climat), Dominique MARBOUTY (Météo et Climat), Yves

MOREL (LEGOS), Samuel MORIN (Météo-France, CNRS,

CNRM), Françoise VIMEUX (IRD, HSM-LSCE)



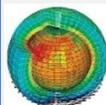
p.2 COUP DE PHARE

Une année 2022 record dans un contexte de réchauffement rapide



p.3 FOCUS

Commission Observation du CSM



p.5 FOCUS

La modélisation climatique couplée française a 25 ans



p.7 FOCUS

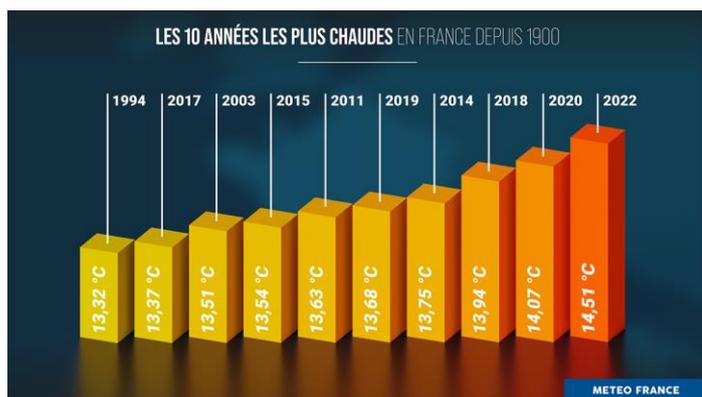
Prévision de l'activité avalancheuse et apprentissage automatique

COUP DE PHARE

Une année 2022 record, dans un contexte de réchauffement rapide

BILAN CLIMATIQUE 2022

L'année 2022 est la plus chaude jamais mesurée en France depuis le début des mesures en 1900. Sur l'ensemble de l'année, la température moyenne à l'échelle de la France a été de 14,5 °C, +1,6 °C par rapport aux normales 1991-2020, ou +2,9 °C par rapport à la moyenne 1900-1930. L'ancien record était jusque-là détenu par l'année 2020 (14,1 °C). Huit des dix années les plus chaudes sont postérieures à 2010.



Le cumul de précipitations en moyenne sur l'ensemble du pays présente un déficit de l'ordre de 25 % par rapport à la référence 1991-2020, 2022 devenant ainsi l'une des années les moins arrosées (depuis le début des mesures en 1959) quasi ex-aequo avec le record de 1989. Tous les départements ont été concernés par ce déficit, compris généralement entre 10 et 40 %.

La sécheresse des sols qui a débuté au printemps, s'est amplifiée et généralisée cet été en raison du manque de pluie et des épisodes de fortes chaleurs à répétition (3 vagues de chaleur soit 33 jours, accompagnés de 2 périodes de chaleur en mai et octobre. Elle est la 2^{ème} plus longue à l'échelle du pays (derrière celle de 1989-1990). La surface affectée par cette sécheresse des sols a atteint les trois quarts de la France.

Cette année 2022 a aussi été marquée par un ensoleillement exceptionnel, avec de nombreux records, notamment sur la moitié nord du pays (Rennes, Bourges, Nancy, Colmar, etc.).

UNE NOUVELLE ESTIMATION DU RÉCHAUFFEMENT ATTENDU EN FRANCE

Par ailleurs, une étude publiée fin 2022 a fourni une nouvelle estimation du réchauffement passé et futur sur la France métropolitaine. Elle repose sur une nouvelle méthode statistique, qui combine simulations numériques et observations.

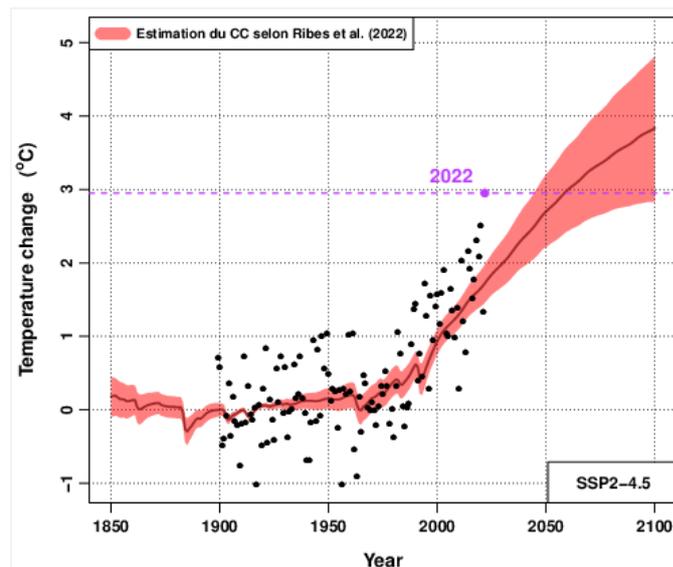
Selon cette estimation, le réchauffement par rapport à 1900-1930 atteint +1,7°C en 2020 (et +1,8°C en 2023). La quasi-totalité de ce réchauffement est d'origine anthropique. Jusqu'à la décennie 1980, cependant, l'effet réchauffant des gaz à effet de serre a été largement masqué par l'effet refroidissant des aérosols (particules en suspension dans

l'atmosphère), donnant une impression trompeuse de stabilité. Depuis, la France a connu un réchauffement rapide et marqué.

Selon cette étude, le réchauffement attendu en 2100 s'élève à +3,8 [2,9 à 4,8] °C par rapport à la référence 1900-1930, dans un scénario d'émissions intermédiaires (SSP2-4.5), soit 2°C supplémentaires par rapport au climat actuel. Selon les scénarios, l'amplitude du réchauffement varie entre +2,3 [+1,5 à +3,1] °C (faibles émissions) et +6,7 [5,2 à 8,2] °C (très fortes émissions). Dans tous les scénarios, le réchauffement attendu en France est plus élevé qu'en moyenne planétaire ; il est plus marqué l'été (environ +30 % par rapport à la moyenne annuelle) que l'hiver (environ -15 %).

Dans le contexte de cette estimation du réchauffement, l'année 2022 demeure remarquablement chaude.

Elle deviendrait normale vers 2060 dans un scénario SSP2-4.5, proche de la trajectoire attendue sur la base des engagements actuels des États.



Température moyenne annuelle observée en France métropolitaine entre 1899 et 2022 (points noirs, valeur 2022 en violet), et réchauffement estimé sur la période 1850-2100 dans un scénario SSP2-4.5 (émissions intermédiaires) en combinant modèles et observations (moyenne en marron, intervalle de confiance 5-95% en rouge ; source : Ribes et al., 2022). Les températures sont toutes calculées en anomalie par rapport à la période 1900-1930.

Références

<https://meteoFrance.fr/actualite/publications/2022-les-bilans-climatiques>

Ribes, A., Boé, J., Qasmi, S., Dubuisson, B., Douville, H., and Terray, L.: An updated assessment of past and future warming over France based on a regional observational constraint, *Earth Syst. Dynam.*, 13, 1397-1415, <https://doi.org/10.5194/esd-13-1397-2022>, 2022.

Aurélien RIBES

CNRM, Université de Toulouse, Météo France, CNRS, Toulouse
Matthieu SOREL

Direction de la Climatologie et des Services Climatiques,
Météo-France, Toulouse

FOCUS

L'évolution du Comité consultatif des réseaux d'observation météorologiques en Commission Observation du Conseil supérieur de la météorologie



Fig. 1 : Station InfoClimat de Longeville-en-Barrois (55)
Réseau InfoClimat : www.infoclimat.fr/stations/static.php

Les météorologistes ont, dès l'origine de leur science, appris à utiliser des données d'observation réalisées par d'autres. C'était l'objet même de la mise en place de la Veille météorologique mondiale qui permet aux services météorologiques du monde entier de partager leurs observations. Ces services ont ainsi développé plusieurs réseaux d'observation, principalement pour la prévision du temps, mais aussi pour la surveillance du climat.

Toutefois les besoins spécifiques dans de nombreux domaines tels la prévision des crues, la surveillance des routes ou l'agriculture ont conduit les opérateurs de ces domaines à développer leurs propres réseaux d'observation. Assez rapidement la question de l'échange entre ces réseaux a été posée, d'autant qu'ils dépendaient souvent de financements publics. Le cas le plus emblématique a sans doute été celui des observations pluviométriques réalisées par plusieurs organismes : les discussions entre ces organismes ont conduit au regroupement de ces données dans le cadre de la Banque Pluvio mise en place en 1988.

La poursuite de ce type de réflexion a conduit en 2004 à la création d'un comité consultatif des réseaux d'observation

météorologique (CCROM) dont l'objectif était de permettre le dialogue et la concertation entre les organismes publics et privés gestionnaire de réseaux. Ce CCROM se réunissait deux fois par an en plénière, il organisait des journées de réflexion thématiques, mettait en place des groupes de travail sur des sujets à approfondir (observation en montagne). Il a également proposé des missions d'enquête externes (rôle des collectivités locales pour l'observation, réseaux d'intérêt commun multi-partenarial). Il a développé des normes et recommandations, établi des guides de bonne pratique.

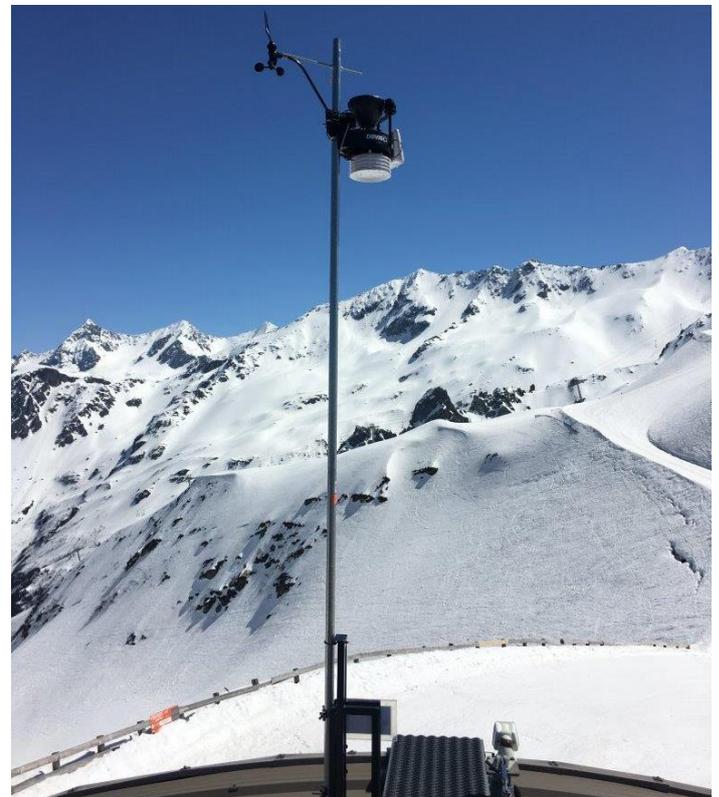


Fig. 2 : Station Romma des Sept-Laux, 2130 m (38)
Réseau Romma : www.romma.fr/nos_stations.php

Le CCROM a travaillé ainsi un peu plus d'une dizaine d'années (il a tenu ses dernières réunions en 2017), à la fin desquelles il a rencontré une difficulté inattendue. Il avait été créé par décret et ses membres étaient nommés par arrêté ministériel.

Ces dispositions se sont heurtées à la volonté gouvernementale de réduire le nombre des comités ou commissions administratives, ce qui s'est vite traduit par une très forte réticence à signer les fréquents arrêtés de nominations nécessaires. Cette situation a conduit en 2016 le PDG de Météo-France à envisager de créer lui-même un comité, mais il n'a pas été suivi par le ministère de tutelle. J'ai ainsi pris la présidence

de ce comité sans jamais avoir été officiellement nommé. En 2018 un audit de la Cour des comptes sur Météo-France a alors recommandé de fusionner le CCROM et le Conseil supérieur de la météorologie (CSM), lui-même en cours de redéfinition. Cette fusion est devenue effective en 2020 et la première réunion de la désormais Commission Observation du CSM s'est tenue le 26 novembre 2020, et j'en ai été élu à la présidence.

La Commission observation du CSM inclut l'ensemble des anciens membres du CCROM. Les principales différences sont qu'elle inclut aussi les représentants de toutes les autres commissions du CSM, assurant ainsi une participation des

utilisateurs des réseaux d'observation, et également les représentants des réseaux d'observations associatifs comme Infoclimat. Le premier travail d'envergure engagé par cette commission concerne le développement de partenariats entre Météo-France et ces réseaux associatifs.

Par ailleurs, des informations sur le travail de la Commission et sur les travaux antérieurs du CCROM sont disponibles à l'adresse : <https://bit.ly/3jzOCpB>.

Dominique MARBOUTY
Météo et Climat

⚡ EN BREF

SUIVI EN TEMPS RÉEL DE L'ENNEIGEMENT DES ALPES

Mise en ligne d'un outil de suivi en temps réel de l'enneigement des principaux bassins versants des Alpes qui compare l'état actuel avec une climatologie de trente ans. Cet outil qui utilise l'apprentissage automatique, montre que la trajectoire de l'enneigement des Alpes en 2022 était sans précédent dès le mois de février sur les trente dernières années.

+ d'info : <https://bit.ly/3HtaTq7>



SWOT : UN SATELLITE POUR CARTOGRAPHIER LE CYCLE DE L'EAU SUR TERRE

Jamais les niveaux des océans et des eaux continentales n'auront été mesurés avec autant de précision. C'est la promesse du satellite SWOT (**Surface Water Ocean Topography**), développé par la NASA et le CNES et lancé le 15 décembre 2022 depuis les États-Unis. Ces mesures vont permettre de mieux connaître les ressources en eau, d'alimenter les modèles climatiques et d'améliorer l'évaluation des risques liés aux inondations et à l'érosion fluviale et la description des courants océaniques à moyenne échelle (~10 km), le tout à l'échelle inédite de la Planète". Pionnière en océanographie et altimétrie, la France a un rôle important dans cette mission. On lui doit en effet une grande partie de la préparation de l'exploitation scientifique (définition des objectifs et des instruments) de la mission. Plusieurs chercheuses et chercheurs d'unités de recherche toulousaines figurent parmi les référents scientifiques de la mission.

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



Invitation Conférence "Face au changement climatique"

Pour lancer le débat autour de l'exposition "Énergie, so Watt ?", Citéco invite le spécialiste de l'énergie Michel DERDEVET et le paléoclimatologue Jean JOUZEL à un exercice de contextualisation.

Dérèglement climatique, crise de l'énergie... Où en sommes-nous actuellement ? Que pouvons-nous faire pour devenir acteurs de la transition ? Peut-on agir à l'échelle individuelle ? Que faut-il attendre de notre société ?

Voici quelques-uns des sujets abordés lors de cette soirée.

Jeudi 16 février 2023 à 17h

À la Cité de l'Économie (Citéco)

Auditorium

1, place du Général-Catroux, Paris 17^e

Entrée libre sans la limite des places disponibles.

[Info & Inscription](#)

+ d'info : <https://bit.ly/3XYpvD8>

À propos de l'enquête de satisfaction sur Météo et Climat Info

Météo et Climat Info remercie les lecteurs qui ont pris le temps de répondre à son enquête de satisfaction.

Un retour sur les résultats de cette enquête, et sur les réponses aux remarques et suggestions qui ont pu être faites, paraîtra dans le numéro de mars 2023.



ANNIVERSAIRE - La modélisation climatique couplée française a 25 ans

Il y a, en ce mois de janvier 2023, exactement 25 ans qu'est paru un article très important pour la modélisation des changements climatiques : "Simulations couplées globales des changements climatiques associés à une augmentation de la teneur atmosphérique en CO₂"
 ➔ [https://doi.org/10.1016/S1251-8050\(98\)80178-X](https://doi.org/10.1016/S1251-8050(98)80178-X).

développée, en particulier à Hambourg au sein de l'Institut Max-Planck de Météorologie sous l'impulsion de Klaus Hasselmann¹, pour contrôler et minimiser cette dérive : les équations étaient complétées par un terme artificiel de rappel pour que les flux ne s'éloignent pas trop de la climatologie. Ce "truc" avait reçu le nom plus présentable de "correction de flux", et la quasi-totalité des groupes de modélisation l'avaient adopté. Pressentant qu'un modèle à correction de flux ne permettrait pas de simuler la variabilité des interactions entre l'atmosphère et l'océan, nécessaire pour une bonne description de toute la dynamique climatique, la communauté scientifique française s'était donc affranchie de la correction de flux et avait résolu la difficulté en se coordonnant largement autour de trois points cruciaux : (1) un modèle unique d'océan de grande qualité et bien testé sur le plan de ses échanges de surface, le modèle OPA ; (2) une meilleure paramétrisation des flux dans le modèle atmosphérique ; et (3) un logiciel de couplage, le coupleur OASIS, permettant une interpolation précise de la température de surface océanique et des flux échangés à l'interface air-mer. Le travail avait réuni 26 chercheurs issus de 5 laboratoires, à Toulouse et Paris (voir figure ◀).

Pour des raisons de rapidité il fut alors décidé de soumettre l'article à une revue réagissant rapidement, les *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*. La rapidité fut en effet au rendez-vous : l'article (en français) fut soumis le 9 janvier, l'expertise arriva très vite et l'article avec les révisions demandées fut accepté le 20 janvier ! La "prise de date" était notoriété de cette publication empêcha que l'article connaisse une grande reconnaissance. Selon "Google Scholar", il n'a en effet à ce jour été cité que 23 fois, et encore le plus souvent par des chercheurs francophones². Heureusement, les simulations suivantes connurent une meilleure diffusion, et la méthode et les outils numériques employés par la communauté scientifique française essaimèrent largement !

La malheureuse leçon de cette histoire est que la langue française n'est pas le meilleur véhicule pour faire largement connaître les travaux et les résultats scientifiques ...

Jean-Claude ANDRÉ
Météo et Climat

Avec ses remerciements à Laurent TERRAY (CERFACS)

© Académie des sciences / Elsevier, Paris
Géophysique externe / External Geophysics
(Climat / Climate)

Simulations couplées globales des changements climatiques associés à une augmentation de la teneur atmosphérique en CO₂

Global coupled simulations of climate change due to increased atmospheric CO₂ concentration

Pierre BARTHELET¹, Sandrine BONY², Pascale BRACONNOT³, Alain BRAUN⁴, Daniel CARIOLLE¹, Emmanuelle COHEN-SOLAL², Jean-Louis DUFRÈSSE², Pascale DELECLUSE³, Michel DÉQUÉ¹, Laurent FAIRHEAD², Marie-Angèle FILIBERTI³, Michelle FORCION², Jean-Yves GRANDPRIX², Eric GUILYARDI¹, Marie-Noëlle HOUSSAIS³, Maurice IMHARD², Hervé LE TRETT², Claire LÉVY³, Zhao XIN LI², Gurvan MADEC³, Pascal MARQUET¹, Olivier MARTI³, Serge PLANTON⁴, Laurent TERRAY¹, Olivier THUAL¹ et Sophie VALCKE¹

¹ CERFACS, 42, avenue Corbiols, 31057 Toulouse cedex 1, France
² IMD (CNRS/UPMC), Boite 99, université Pierre-et-Marie-Curie, 4, place Jussieu, 75252 Paris cedex 05, France
³ LMCE, CEA-DSM, Orme des Merisiers, Bât 709, 91191 Gif-Sur-Yvette, France
⁴ CNRS, Météo France, 42, avenue Corbiols, 31057 Toulouse cedex 1, France
⁵ Lodyc (CNRS/UPMC/Oncom), Boite 100, Université Pierre-et-Marie-Curie, 4, place Jussieu, 75252 Paris cedex 05, France

ABSTRACT

Two transient CO₂ experiments using two coupled general circulation models developed by the French GASTON group have been realized using the same methodology. No flux corrections at the air-sea interface were used in these experiments. The main features of the present climate are reasonably well captured by both coupled models in the control simulations, although the biases are not the same. The transient CO₂ simulations show a global warming, ranging between 1.6 and 2.0 °C at the time of CO₂ doubling (+70 years). These values, and the main geographical characteristics of climate change, are in agreement with previous studies published by other research groups, using either flux corrected or non-flux corrected models. © Académie des sciences / Elsevier, Paris.

Keywords: Numerical simulation, Coupling, Ocean, Sea-ice, Atmosphere, Climate change, Greenhouse effect

RÉSUMÉ

Deux expériences climatiques d'augmentation de la teneur en CO₂ atmosphérique, utilisant deux modèles de circulation générale couplés océan/glace/atmosphère, développés au sein du groupe GASTON, ont été réalisées selon la même méthodologie, sans correction de flux artificielle à l'interface air-mer. Les simulations de contrôle reproduisent convenablement les caractéristiques principales du climat actuel, les biais des deux modèles couplés étant cependant différents. Les simulations de scénario d'augmentation de la teneur en CO₂ atmosphérique (1 % par an) indiquent un réchauffement global de la température à la surface du globe compris entre 1,6 °C et 2,0 °C au moment du doublement de la teneur en CO₂ (+70 ans). L'amplitude, ainsi que la répartition géographique, du réchauffement sont en accord avec les résultats d'autres groupes de recherche utilisant des modèles à flux corrigés ou non. © Académie des sciences / Elsevier, Paris.

Mots clés : Simulation numérique, Couplage, Océan, Glace, Atmosphère, Changement climatique, Effet de serre

Note présentée par Jean-Claude André
 Note reçue le 9 janvier 1998, acceptée après révision le 20 janvier 1998.

En effet, pour la première fois en Europe, et à égalité avec quelques très rares centres américains, des simulations du climat futur ont pu être réalisées avec un modèle couplé sans artifice entre l'atmosphère et l'océan. Que faut-il entendre par là ? Jusqu'alors le couplage entre des modèles d'atmosphère et d'océan conduisait très souvent à une divergence progressive des flux de chaleur (sensible et latente) échangés entre les deux milieux. Et invariablement le climat simulé devenait irréaliste. Une école s'était alors

(1) Prix Nobel de physique en 2021, cf. "Météo et Climat Info" n°87 (novembre 2021)
 (2) Site consulté le 23/01/2023

⚡ EN BREF

IL RESTE UNE GRANDE MARGE DE PROGRESSION POUR LA PRÉVISION DES CYCLONES

Est-on proche de la limite de prévisibilité de la trajectoire des cyclones tropicaux comme annoncé par certaines études ?

Un article récent de Feifan Zhou et Zoltan Toth conclut que cette prévision devrait continuer à gagner un jour tous les dix ans, ce qui se traduit par une réduction de moitié de la variance des erreurs de position. Cette étude est basée sur l'analyse, sur une période de 17 ans (2002-2017), des erreurs de la prévision numérique de la position des cyclones, par rapport à leurs positions réelles, définies comme les positions déterminées par les prévisionnistes du National Hurricane Center (plutôt que celle de l'assimilation).

Les auteurs mettent ainsi en évidence une évolution quasiment linéaire pour les erreurs sur la trajectoire. Ils expliquent ce résultat par le fait que le déplacement des cyclones tropicaux est dominé par les phénomènes de grande échelle, bien simulés par les modèles de prévision numérique.

Source : <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0166.1>



FONTE DES GLACIERS : L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE PLUS FORT QUE PRÉVU JUSQUE-LÀ

Dans une nouvelle étude parue dans la revue *Science*, une équipe internationale révèle une perte de masse des glaciers plus forte que celle jusqu'alors prévue. Selon leurs travaux, cette perte augmente de 11 % à 44 % par rapport aux précédentes projections, notamment celles ayant alimenté le dernier rapport du GIEC.

La majorité des glaciers de notre planète sont des petits glaciers, inférieurs à 1 km², ce sont les plus touchés par cette perte de masse. Ainsi, selon le scénario avec une limitation de la hausse des températures à 1,5°C, 49 % des glaciers du monde, dont tous les petits, sont malgré tout appelés à disparaître d'ici 2100, provoquant alors une hausse de 9 cm du niveau de la mer. Dans cette hypothèse, les plus gros glaciers sont également impactés, sans pour autant disparaître. Si la hausse des températures atteignait les 4°C, petits et gros seraient touchés et 83 % des glaciers seraient alors amenés à disparaître, avec une élévation du niveau des mers de 15,4 cm.

+ d'info : <https://bit.ly/40111ei>

REEMPLIR DES BASSINES L'HIVER POUR LES VIDER L'ÉTÉ ?

Un très intéressant, mais volumineux, rapport du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) a été publié récemment, qui propose une évaluation du rôle des retenues de substitution (les "bassines") sur la base de simulations avec un modèle numérique de gestion des nappes du Jurassique.

Ce rapport concerne les seuls projets de réserves de substitution émanant de la Société Coopérative Anonyme de l'eau des Deux-Sèvres. En période d'étiage les piézométries et débits seraient améliorés pour la plupart des cours d'eau de ce département, tandis qu'en période hivernale les débits seraient réduits de 1% environ tandis que la diminution induite de la hauteur des nappes serait de 5 à 10 % de leur amplitude annuelle.

Il est à souligner que les conclusions de ce rapport sont spécifiques de la dynamique hydrogéologique des aquifères concernés, et ne sont pas extensibles à toutes les "bassines".

Les informations données dans ce rapport sont néanmoins plutôt positives par rapport aux conséquences de ces projets, même si elles n'ont guère été reprises dans les médias.

👉 Le rapport complet est téléchargeable à l'adresse <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RC-71650-FR.pdf>

Jean-Claude ANDRÉ
Météo et Climat

LES LACS AMAZONIENS, PIÈGES À CARBONE MENACÉS

Des scientifiques de l'IRD et leurs partenaires au Brésil mettent en lumière le rôle fondamental des lacs amazoniens dans le piégeage du carbone atmosphérique dans les sédiments. Ils montrent aussi les menaces qui pèsent sur les mécanismes impliqués dans cette accumulation et recommandent une gestion durable de ces écosystèmes.

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



JOURNÉE SCIENTIFIQUE DU 13 DÉCEMBRE 2022

Si vous n'avez pas pu assister à cette journée consacrée au 6^{ème} rapport du GIEC ou souhaitez revivre les temps forts, retrouvez sur notre site :

- ✓ Les replays : <https://bit.ly/3XGZboO>
- ✓ Les entretiens : <https://bit.ly/3wulB9A>
- ✓ Le reportage photos : <https://bit.ly/3XHLHSj>

Un compte-rendu détaillé sera également publié dans le n°120 (février 2023) de notre revue *La Météorologie*.

Prévision de l'activité avalancheuse par analyse mécanique de la stabilité du manteau neigeux et apprentissage automatique

Les avalanches représentent un enjeu important pour les habitants et les pratiquants de la montagne ainsi que pour les gestionnaires d'infrastructures dans ces régions. La gestion de ce risque repose en partie sur les bulletins d'estimation du risque d'avalanche et le niveau de Vigilance avalanche produits par Météo-France. Pour ce faire, les prévisionnistes peuvent s'appuyer sur les données fournies par différents réseaux d'observation des conditions météorologiques et de l'état du manteau neigeux, des prévisions météorologiques ainsi que sur les résultats de simulation de la stratigraphie passée et future du manteau neigeux. Il demeure toutefois difficile d'interpréter ces simulations en termes de stabilité du manteau neigeux et de les synthétiser en une information sur l'activité avalancheuse attendue.

l'aide d'un algorithme d'apprentissage automatique de type forêts aléatoires (un algorithme de classification particulièrement puissant). Cela permet de calibrer l'activité avalancheuse estimée en utilisant l'observation des phénomènes avalancheux passés issus du réseau d'observateurs nivo-météorologiques coordonné par Météo-France et de l'Enquête Permanente Avalanche (EPA, ONF et INRAE). L'estimation, réalisée dans un premier temps sur la base de la réanalyse SAFRAN, est réalisée à haute résolution spatiale, par bande d'altitude et d'orientation, permettant d'identifier les zones les plus critiques ainsi que la répartition spatiale de l'activité avalancheuse attendue.

Une méthode d'évaluation adaptée à la spécificité du manteau neigeux, caractérisé par de fortes corrélations temporelles, a été développée pour évaluer les performances du modèle sur un jeu de données indépendant couvrant la période 1958-2018. En moyenne, sur les bandes d'altitude et d'orientations considérées, la probabilité d'identification des situations avalancheuses est de 75 % et la probabilité d'identification des situations non avalancheuses est de 76 %. Au-delà de cette classification binaire par bande d'altitude et d'orientation et par massif, les données disponibles permettent également de qualifier le niveau d'activité avalancheuse attendue. La plus-value apportée par les indices de stabilité a été démontrée par rapport à un apprentissage s'appuyant uniquement sur des variables nivo-météorologiques plus traditionnelles, n'utilisant pas toute l'information de la stratigraphie du manteau neigeux. Les résultats, initialement produits sur le massif de la Haute-Maurienne, sont en cours d'extension à d'autres régions des Alpes et des Pyrénées. La **figure** ◀ illustre les principes fondateurs de cette méthode et les résultats obtenus pour une saison entière, montrant la bonne correspondance entre l'estimation d'activité avalancheuse simulée et les observations de l'Enquête Permanente Avalanche.

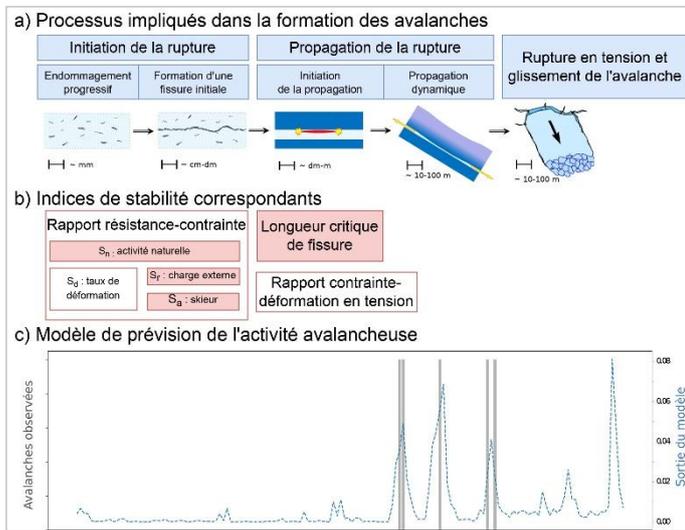


Fig. : (a) Processus impliqués dans la formation des avalanches et (b) indices de stabilités associés à chaque processus. Sont surlignés les indices de stabilité retenus pour être utilisés dans l'approche d'apprentissage. (c) Exemple d'estimation réalisée par le modèle de forêt aléatoire pour la Haute-Maurienne à 2400 m en orientation Nord-Ouest pour la saison hivernale 1998-1999. Le résultat du modèle (indice sans unité) sur le jeu d'évaluation est comparé aux observations d'avalanche (barres grises) de l'Enquête Permanente Avalanche.

Sur la base des connaissances des processus mécaniques à l'œuvre dans la formation des avalanches, une nouvelle méthode d'analyse de stabilité a été développée pour réduire et mieux exploiter l'information produite par la chaîne de modèles numériques du manteau neigeux SAFRAN (atmosphère) – Crocus (manteau neigeux). Cette analyse s'appuie sur notre connaissance des processus menant à la formation des avalanches, au travers d'indices de stabilité relatifs aux différents processus en jeu. Une estimation de l'activité avalancheuse attendue est ensuite réalisée en croisant l'ensemble de ces informations de stabilité simulées (complétée d'informations nivologiques additionnelles et de variables météorologiques d'intérêt) à

Ces travaux ouvrent des perspectives pour le développement de nouveaux outils d'aide à la décision pour les prévisionnistes en charge de la rédaction des bulletins d'estimation des risques d'avalanche en zone de montagne ainsi que pour la vigilance avalanche. Ce type de méthode permettra également de mieux analyser l'effet du changement climatique sur l'aléa avalancheux.

Léo VIALON-GALINIER et **Pascal HAGENMULLER** Météo-France – CNRS, CNRM, Centre d'Études de la Neige, Grenoble.
Benjamin REUTER Météo-France, Cellule Montagne Nivologie, Grenoble

Références : Léo Viallon-Galinier, et al., 2022
<https://dx.doi.org/10.1016/j.coldregions.2022.103596>

AGENDA

Nos manifestations

**PRIX ANDRÉ PRUDHOMME 2023
CONCOURS JEUNES CHERCHEURS**

**DATE LIMITE
1^{er} FÉV. 2023**

⚠ Date limite : 1^{er} février 2023
+ d'info : <https://bitly/2RQcnS4>

[RAPPEL] Cercle d'échange thématique

2 février 2023 à 17h30 | En distanciel, sur Zoom

JEAN-LOUIS BUANNIC
Vice-président "ressource en eau"
de la Communauté de commune du
Pays Bigouden sud

AGNÈS DUCHARNE
Directrice de recherche CNRS au METIS
(Milieux environnementaux, transferts et
interactions dans les hydrosystèmes et les sols)

"Retour d'expérience sur la sécheresse de 2022 dans un territoire du littoral ouest"

Dans le contexte de la très forte sécheresse météorologique qui a concerné la majeure partie de la France et des mesures d'urgence de restriction de l'usage de l'eau prises pour y répondre, Météo et Climat vous propose de réfléchir à la question de l'adaptation plus structurelle. Comment décider avec l'information disponible sur l'évolution future des pressions sur la ressource en eau ?

⚠ Réservé aux adhérents préalablement inscrits.
Inscription : <https://bit.ly/404tUgy>

SAVE THE DATE - Assemblée Générale 2023

23 mars 2023 | En présentiel à l'Académie du Climat (Paris 4^e)

Cette année, nous aurons le plaisir de nous retrouver en présentiel pour l'Assemblée générale 2023. À cette occasion, vous seront présentés le rapport moral et le rapport financier de l'année 2022, le budget prévisionnel 2023 ainsi que les orientations et activités futures. Vous aurez également l'occasion d'élire les membres du Conseil d'administration.

♦ L'Assemblée sera suivie d'une conférence et d'un cocktail. La convocation et toutes les informations utiles à cette réunion vous seront envoyées vers le 23 février.

PARUTION

La Météorologie



Sommaire n°120 Février 2023

LA VIE DE MÉTÉO ET CLIMAT

- Journée scientifique "Comprendre et s'approprier les messages-clés du 6^{ème} rapport du GIEC"

ARTICLES

- Lewis Fry Richardson et ses contributions aux mathématiques, à la météorologie et aux modèles de conflits - Partie II (J. HUNT, J. COIFFIER)
- Un atlas mondial issu de l'imagerie satellitaire pour caractériser la réponse des glaciers au changement climatique (R. HUGONNET)
- Découverte d'une anomalie électrique dans les orages méditerranéens (S. COQUILLAT & AL.)

LU POUR VOUS

VIENT DE PARAÎTRE

SAISON CYCLONIQUE

LES PHOTOS DU MOIS

RETOUR SUR...

La tornade record du 23 octobre 2022

RÉSUMÉS CLIMATIQUES

ANNONCES

Fév. à Nov. 2023 **Climat Libé Tour**
Bordeaux, Paris, Lyon, Dunkerque et Nantes

Transports, rénovation industrielle durable, végétalisation... En 2023, le journal *Libération* explore la thématique de la transition écologique lors d'une série de forums itinérants autour de l'urgence climatique entre février et novembre. La 1^{ère} étape se déroulera à Bordeaux les **4 & 5 février** autour du thème "écologie ou justice sociale, faut-il choisir?".
+ d'info : <https://bit.ly/3HyGh6B>

7 février 2023 **De quelques figures féminines de la météo**
Paris | École normale supérieure - PSL

Dans le cadre du séminaire "Perception du climat", cette conférence avec Marie-Hélène Pépin (Météo-France) dressera quelques portraits de femmes oubliées de l'histoire des sciences de l'atmosphère avant de s'interroger sur les raisons de cette invisibilité.
+ d'info : <https://bit.ly/3XUNYcy>