

Club des Argonautes
Compte rendu de la réunion n° 161
4 février 2020 (10 h - 17 h)

(Chez Madeleine et Raymond Zaharia)

Participants

François Barlier, Pierre Bauer, Aline Chabreuil, Pierre Chevallier, Yves Dandonneau, Yves Fouquart, José Gonella, Katia Laval, Dominique Marbouty, Bernard Pouyaud, Madeleine Zaharia, Raymond Zaharia.

Vie du Club

L'assemblée générale annuelle 'rapport 2019 – prévisions 2020 est reportée au 7 avril après midi (vacances scolaires Montpellier, Paris, Toulouse).

Prochaines réunions :

Le 3 mars (vidéoconférence)

Le 7 avril *avec assemblée générale annuelle du Club l'après midi. Trouver un lieu de réunion.*

Le 5 mai (vidéoconférence)

Le 2 juin

Des nouvelles de la salle de réunion du Bureau des Longitudes : celle-ci héberge son secrétariat ainsi que des cartons d'archives. Une idée est que Erik Orsenna plaide la cause du BdL de façon que la salle de réunion retrouve sa fonction (et que nous en profitions)

Hommage à Michel Petit : Pierre Chevallier a interrogé Nicolas Arnaud, directeur de l'INSU, à ce sujet. À l'occasion de l'année de prospective scientifique pour l'INSU, un grand colloque prévu en septembre 2020 clôturera 11 mois d'ateliers thématiques à travers la France. A cette occasion une 1/2 journée sera dédiée à M. Petit, d'une part pour un hommage scientifique, d'autre part pour souligner son action dans la création de l'INSU et, en compagnie nous l'espérons des anciens directeurs, en profiter pour retracer le chemin suivi par notre institut, et comment il doit maintenant s'adapter sur la base de cette prospective. *Pierre Chevallier se renseignera pour savoir qui à l'INSU organisera cet hommage, afin de prendre contact avec lui pour décider de notre participation. Si l'INSU publiait un numéro spécial à cette occasion (les « anciens et amis du CNRS » en préparent un : contact Pierre Gilles, actuel président), nos contributions seraient certainement bienvenues. Erik Orsenna pourrait peut être y contribuer .*

Le prix Vetlesen décerné à Anny Cazenave. Bruno Voituriez lui a adressé un message de félicitations, au nom du Club. *Jean Jouzel est l'autre français à avoir reçu ce prix (auquel est aussi associé, par reconnaissance, Claude Lorius).*

Activités

Quid d'une petite aide du CNES ? Thierry Guinle vient de recevoir le résultat des demandes de cotisation/subvention pour 2020. Le Club des Argonautes est éligible pour une somme allant jusqu'à 800€. à discuter comment vous comment on met en place le financement (Adhésion à l'association, partenariat, autre?) Dans tous les cas, il nous faudra une facture et aussi un petit résumé courant octobre des actions entreprises par le Club et qui sont d'intérêt pour le CNES. L'encadrement de TIPE est un bon exemple. *Nous avons actuellement environ 5000 € sur notre compte dont l'usage n'est pas programmé. Nous devons dans les mois qui viennent, décider de l'usage de cette somme.*

Pierre Léna (créateur avec Georges Charpak et Yves Quéré de « la main à la pâte ») à l'Académie des Sciences a lancé en 2018 « l'Office of climate education ». Un intérêt est que la main à la pâte est déjà bien montée en puissance et « passée à l'échelle », avec des budgets importants des investissements d'avenir et des cofinancements privés. Du coup elle dispose d'une équipe de 22 permanents, de maisons des sciences dans une bonne moitié des Régions, et touche pas loin de 20 000 enseignants. C'est très complémentaire des sites éducatifs validés par des scientifiques (Planète-énergies est consulté par environ 100 000 enseignants et élèves chaque mois). Peut-être un échange avec Pierre Léna nous intéresserait, de même que lui-même ? En dehors de la France, la Main à la Pâte se prolonge par l'OCE (office for climate and environment). Météo France et l'IRD y contribuent, ainsi que l'IPSL. Contact éventuel : Eric Guilyardi. *Aline Chabreuil craint que cette évolution vers une grosse structure qui attire toute l'attention se fasse au détriment des initiatives locales, moins ambitieuses, mais souples, qui répondent à des demandes locales spontanées.*

Prix Christian le Provost : le 17 avril à St Briec (*Yves Dandonneau y présentera le contenu de la FAQ récemment mise en ligne sur notre site sur l'alternance des périodes glaciaires / interglaciaires*)

Demande de parrainage de JF ORTEMANN <xortemann@aol.com> (Vendôme, 26 – 28 mars)
Notre projet a connu trois éditions et prend de l'ampleur sur la petite ville de Vendôme et la présence de parrains scientifiques à nos côtés contribue à celle-ci. Nous avons eu l'an dernier plus de 1500 participants
Cette demande a été pourvue, mais l'organisateur nous contactera à nouveau pour l'édition 2021.

Site web

FAQ : Glaciers et ressources en eau : quel fonctionnement et quel devenir ? de Pierre Chevallier et Bernard Pouyaud

Un témoignage : Michel Petit, Homme de science au service de l'État et de l'environnement, nous a quitté. (Pierre Bauer évoque la grande antenne montée par le CNET à Saint Santin de Maurs dans le Cantal, qui a été démolie, hélas sans aucune précaution)

Brève sur les particules de plastique dans les océans ? il n'est pas encore sorti d'article qui permettrait de faire une brève (la dernière mission de Tara s'est entièrement déroulée dans les fleuves)

FAQ sur la prévisibilité : élargir à l'incertitude ? Olivier a prévu de rédiger une FAQ strictement scientifique sur la prévisibilité. Ceci peut être élargi à d'autres aspects de l'incertitude.

Cyclones (*Katia Laval a pratiquement terminé la rédaction de cette FAQ*)...

Antarctique...

El Nino, PDO, AMOC etc... Pour El Nino, peut être avons nous trop tendance à avoir une vision binaire : El Nino ou pas. En fait, les prévisions s'améliorent, et l'occurrence d'un événement extrême tel que celui de 82-82 ou 96-97 n'est pas le but unique de ces prévisions.

A envisager aussi une FAQ sur le vortex polaire et son rôle sur le climat. Jean Pailleux avait rassemblé des éléments sur cette question, et les a re-diffusés.

publications récentes : FAQ sur l'alternance épisodes glaciaires / interglaciaires. (A corriger dans cette FAQ, le conditionnel qui annonce que l'interglaciaire actuel pourrait durer plus longtemps. C'est une certitude, et il vaut mieux écrire « durera plus longtemps » ; et cette remarque : l'humanité n'aurait pas pu choisir un meilleur moment pour s'éclater!). *La correction sera faite.*

Afin de mieux attirer l'attention sur les FAQs que nous mettons en ligne, et qui utilisent un langage scientifique souvent rébarbatif, nous devrions pour chacune d'entre elles (y compris celles déjà en ligne) rédiger un « plain language summary » (ce qu'il faut retenir, le point essentiel abordé dans la FAQ) facile à comprendre, et qui inciterait le lecteur à lire la totalité de la FAQ.

Conférences

Deux conférences à l'ENS ce jour, en particulier celle de Corinne Le Quéré (Haut Conseil pour le Climat / University of East Anglia) sur "Le budget global de carbone et son évolution dans les décennies à venir". Olivier Talagrand y assiste et essaiera de comprendre pourquoi un nouveau terme « de déséquilibre » est apparu dans les bilans de carbone. *La réponse est venue après cette réunion : ce terme de déséquilibre est la conséquence du manque de connaissances sur les diverses composantes du bilan du carbone, et a toujours existé.*

Colloque de l'Académie des sciences, les 28 et 29 janvier 2020 : face au changement climatique, le champ des possibles

Organisateurs : Sébastien Balibar, physicien, Jean Jouzel, climatologue, et Hervé Le Treut, climatologue, tous membres de l'Académie des sciences.

Raymond Zaharia, Dominique Marbouty, Katia Laval, Laurent Labeyrie y ont assisté, et saluent la qualité des exposés de Valérie Masson Delmotte, Hervé Le Treut, Olivier Boucher. Ces exposés sont en ligne sur le site de l'Académie des sciences. Malheureusement, le « grand public » n'était pas très nombreux.

Le LEGOS organise une journée d'échanges le vendredi 29 mai à l'OMP à Toulouse, à l'occasion de nombreux départs à la retraite prévus en 2020 ainsi que dans les années qui suivent, et en l'honneur d'un capitaine, poète, astronome et océanographe qui en a été l'un des architectes et nous a quittés il y a quelques mois. *Raymond Zaharia a prévu d'y assister, avant les journées scientifiques LEFE la semaine suivante.*

Livres

La fureur du temps (Tana éditions) écrit par Friederike Otto sur le lien entre réchauffement climatique et canicules, inondations, sécheresses, événements extrêmes.

Travaux faits en time sharing des ordinateurs de 700 000 volontaires (climateprediction.net). La physicienne Friederike Otto a développé, avec une équipe de confrères, la science de l'attribution d'événements extrêmes, **une méthode révolutionnaire** grâce à laquelle il est maintenant possible de déterminer si le changement climatique est en jeu dans un phénomène météorologique extrême. *Ce recours à des ordinateurs privés a déjà été utilisé (astronomes en particulier), et l'attribution de phénomènes météorologiques au changement climatique se fait déjà dans plusieurs équipes. Par ailleurs, en plus du changement climatique, le rôle des hommes dans la gestion du territoire intervient souvent.*

Discussions

Raymond Zaharia a soulevé récemment, et dans le passé à plusieurs reprises, la trop grande attention portée à la relation PIB – consommation d'énergie (primaire), relation sous-jacente au débat croissance vs récession, mais qui ignore l'écart entre énergie primaire et énergie utile (75 % ? hélas, on connaît beaucoup moins bien l'énergie utile que l'énergie primaire). Les membres du Club présents en décembre ont considéré que cela pouvait être une position commune du Club. Sous quelle forme ? Exemple de gaspillage : la chaleur produite pour produire de l'électricité est traitée comme un déchet et n'est pas valorisée. Quelques remarques : le gaspillage est sans doute très différent selon les pays, et il serait intéressant de reconsidérer ce graphe pays par pays. Pierre Chevallier et Raymond Zaharia ont été contactés par une participante à la Convention Citoyenne pour le Climat sur cette question. Nous pourrions écrire quelques pages sur cette question sur notre site web. *Interrogation : à quoi correspond vraiment le PIB qui « ne contient pas d'énergie » selon Hourcade ? Autre interrogation : la Chine ouvre deux centrales à charbon chaque mois, et propose en compensation que chaque chinois plante un arbre. Quelle efficacité ? En plantant partout ou cela est possible en Europe, on ne réduirait la concentration en CO2 de l'atmosphère que de deux ppm sous le scénario business as usual. Donc, les déclarations du genre, « ce qu'on va faire va émettre du carbone mais on compensera en plantant des arbres » sont à prendre avec beaucoup de méfiance. L'effet de ces plantations dépend beaucoup aussi de la région considérée, et des espèces choisies. Remarque : la Chine est devenue l'usine du monde. Soit. Mais la Chine assume ce rôle à grand renfort de charbon !*

Climat

Changement climatique

Climate change now detectable from any single day of weather at global scale. For generations, climate scientists have educated the public that 'weather is not climate', and climate change has been framed as the change in the distribution of weather that slowly emerges from large variability over decades^{1–7}. However, weather when considered globally is now in uncharted territory. **Here we show that on the basis of a single day of globally observed temperature and moisture, we detect the fingerprint of externally driven climate change, and conclude that Earth as a whole is warming.** Our detection approach invokes statistical learning

and climate model simulations to encapsulate the relationship between spatial patterns of daily temperature and humidity, and key climate change metrics such as annual global mean temperature or Earth's energy imbalance. Observations are projected onto this relationship to detect climate change. The fingerprint of climate change is detected from any single day in the observed global record since early 2012, and since 1999 on the basis of a year of data. Detection is robust even when ignoring the long-term global warming trend. This complements traditional climate change detection, but also opens broader perspectives for the communication of regional weather events, modifying the climate change narrative: while changes in weather locally are emerging over decades, global climate change is now detected instantaneously. *L'article dit que chaque jour sur la Terre il se produit quelque part un événement inhabituel qui est imputable au changement climatique.*

Glaciosphère

The Greenland Ice Sheet is rapidly melting, having lost 3.8 trillion tons of ice between 1992 and 2018, a new study from NASA and the European Space Agency (ESA) finds. The study combined 26 independent satellite datasets to track global warming's effect on Greenland, one of the largest ice sheets on Earth, and the ice sheet melt's impact on rising sea levels. The findings, which forecast an approximate 3 to 5 inches (70 to 130 millimeters) of global sea level rise by 2100, are in alignment with previous worst-case projections if the average rate of Greenland's ice loss continues. *A quoi il faut ajouter la part de l'Antarctique et celle de l'expansion thermique des océans.*

Incendies

Fire-fueled thunderstorms are naturally occurring weather systems that sometimes spin up as a result of smoke and heat billowing from intense wildfires. These extreme storms, called pyrocumulonimbus (pyroCb), occur infrequently, but when they do they can lead to tragic results.

Wildfires give off intense heat, forcing large amounts of smoke and hot air to rise. As the mixture moves higher into the troposphere—the lowest layer of Earth's atmosphere—it cools and expands as the air pressure drops. Moisture in the air soon condenses, forming big puffy clouds called pyrocumulus clouds.

When conditions in the atmosphere are just right—including a hot, dry layer of air near the ground and a cooler, wetter layer above it—the atmosphere can become convectively unstable. Increasingly turbulent air sets water droplets and ice crystals in pyrocumulus clouds on a collision course, building up an electrical charge and turning the system into a towering thunderhead.

(https://eos.org/articles/what-do-you-get-when-you-cross-a-thunderstorm-with-a-wildfire?utm_source=eos&utm_medium=email&utm_campaign=EosBuzz010320). *Leur contribution à l'augmentation du CO2 est estimée à 1 % (?). Les incendies de forêt sont une des issues des produits de la photosynthèse (avec la respiration et le stockage plus ou moins définitif). Par conséquent, trop préserver la forêt conduit à faire s'accumuler du combustible... jusqu'à des incendies géants. Donc prudence.*

New Zealand glaciers turn brown and 'could melt faster because of Australia's bushfires' (<https://edition.cnn.com/2020/01/02/australia/new-zealand-glaciers-australia-bushfire-intl-scli/index.html>). *Parmi les conséquences : accélération de leur fonte par diminution de l'albédo, jusqu'aux prochaines chutes de neige.*

Société et changement climatique

Convention citoyenne pour le climat : « échanges intéressants et l'ambiance très impressionnante, en particulier à cause de l'absence de langue de bois de la part des citoyens tirés au sort où toutes les générations sont représentées. » *Des Argonautes ont eu l'occasion d'échanger longuement avec l'une des participantes à la convention. Des critiques ont été formulées sur la légalité de cette convention. Sa mise en place se fait dans un cadre qui n'est pas défini par le droit, mais répond à un besoin pour lequel le droit ne propose pas de structure efficace. Au bout du processus, il sera certainement très difficile d'en ignorer les recommandations.*

Il paraît que que Total n'est pas le bienvenu à Polytechnique, (à rapprocher de la distance que prennent de plus en plus les élèves des grandes écoles, et les ingénieurs, avec les sociétés qui manquent de scrupule environnemental). *Les candidats à des postes dans des grandes sociétés veulent savoir avant de signer si la politique de la société pour les problèmes environnementaux leur convient.*

"The top climate change scientist for NOAA said he has received \$4 million from Congress and permission from his agency to study two emergency—and controversial—methods to cool the Earth if the U.S. and other nations fail to reduce global greenhouse gas emissions." David Fahey, director of the Chemical Sciences Division of NOAA's Earth System Research Laboratory, told his staff yesterday that the federal government is ready to examine the science behind "geoengineering"—or what he dubbed a "Plan B" for climate change. <https://www.scientificamerican.com/article/noaa-gets-go-ahead-to-study-controversial-climate-plan-b/> *David Fahey a un rôle important à la NOAA, à suivre...*

Christian Chavagneux apporte des pistes d'explication au manque d'intérêt d'une majorité d'économistes pour le changement climatique. C'est à partir de propos d'Andrew Oswald⁽¹⁾, de l'université de Warwick, et de Nicolas Stern de la London School of Economics qu'il développe son article.

Les deux professeurs ne sont pas tendres avec leurs confrères : « ***Nous sommes désolés de dire que nous croyons que les économistes sont en train de faire échouer la civilisation humaine.*** » Nous savons maintenant, grâce aux travaux de scientifiques de nombreuses disciplines, que l'humanité s'est mise en danger par son modèle de développement économique. Les économistes sont donc à ce stade des intervenants nécessaires pour réorienter notre modèle de développement : quels sont les outils pour répondre à l'urgence climatique et environnementale ? Comment financer la lutte contre le réchauffement climatique ? Comment répartir la charge du financement entre riches et pauvres, entre les pays... ?

À leurs yeux, la première des causes est le besoin des économistes de publier dans des revues réputées pour être reconnus. Elles sont une dizaine sur la planète et une analyse quantitative de leurs publications indiquerait que sur 77 000 seulement une soixantaine traite du changement climatique et de la préservation de la nature. Nous serions moins mal lotis, Joseph Stiglitz a été amené à

publier ses travaux liés à l'environnement en Europe ! L'autre élément réside dans le fait que depuis un siècle, les réflexions des économistes se sont écartées des aspects moraux et politiques. Or, pour Oswald et Stern « *l'économie politique est centrale... Nous devons prendre en compte sérieusement la dimension éthique et de philosophie morale* ».

(<https://www.pacte-climat.eu/fr/le-peu-dinteret-des-economistes-pour-le-changement-climatique/>).

Les études, projets, discussions en économie ont du mal à sortir d'un cercle d'économistes « orthodoxes » convaincus de détenir la bonne méthode. Ce sont ceux là qui, au groupe 3 du GIEC, dominent très largement. Nicolas Stern avait montré qu'il était beaucoup moins coûteux de financer des mesures contre le changement climatique que d'en réparer les dégâts ultérieurement. Nordhaus a prêché le contraire. Les économistes « orthodoxes » prennent un taux d'actualisation de 4, ou même 8, qui correspond à la croyance (confiance?) que nos descendants seront beaucoup plus riches que nous, tandis que Stern avait pris 1,4. Des taux élevés impliquent une forte croissance : est-ce crédible ? En tout cas, la réponse ne devrait pas être l'apanage des économistes, elle devrait être politique. Nordhaus a reçu récemment le prix Nobel d'économie, tandis que Stern ne l'a pas eu. Reste une question : une population en croissance a besoin de davantage, ne serait-ce que pour remplir son assiette. A ce besoin croissant DOIT correspondre une croissance de la production. Les marges sont dans la chasse au gaspillage.

Energie

Utiliser un matériel absorbant et réémettant fortement entre 9 et 13nm, donc dans la fenêtre atmosphérique relativement moins absorbante en air sec, pour rafraîchir les bâtiments.

« The aluminium-backed panels now sit on the shop's roof, their mirrored surfaces coated with a thin cooling film and angled to the sky. They cool liquid in pipes underneath that run into the shop, and, together with new lights, have reduced electricity bills by around 15%. "Even on a hot day, they're not hot, « (https://www.nature.com/articles/d41586-019-03911-8?utm_source=Nature+Briefing&utm_campaign=04b9877b88-briefing-dy-20200106&utm_medium=email&utm_term=0_c9dfd39373-04b9877b88-43415685)

Le filtre en question n'est efficace que s'il y a peu de vapeur d'eau (en valeur absolue, et non pas en humidité relative) dans l'air.

En 2019 l'Espagne était quasiment à 50 % d'EnR quant à la capacité de son mix énergétique avec plus de 108 000 MW installés ([Estiman que España cierre 2019 con 10% más de generación renovable – Cambio16](#)). *Pour comparaison, en France, les énergies renouvelables représentent environ 100 GW, et l'énergie fournie par les éoliennes (terrestres) augmente de 1 Twh par an ; cette seule augmentation suffirait à alimenter la totalité des véhicules électriques qui roulent en France.*

Le projet d'éoliennes en mer au large de l'Aude lance une campagne de mesures des vents offshore

L'Audois Quadran Energies Marines et la société espagnole Eolos lancent en avril une campagne de mesures des vents offshore dans le cadre du projet EolMed. Il consiste en l'implantation de 4 éoliennes flottantes au large de Gruissan et de Port-la-Nouvelle, à environ 18km des côtes de l'Aude. ans le cadre d'un appel d'offres concurrentiel, Quadran Energies Marines a choisi Eolos Floating Lidar Solutions, le spécialiste espagnol du lidar flottant, comme fournisseur pour mener une campagne de mesures du vent et de la mer. **Cette étude commencera au mois d'avril 2018 et doit durer un an.** (<https://france3-regions.francetvinfo.fr/occitanie/aude/projet-eoliennes-mer->

[au-large-aude-lance-campagne-mesures-vents-offshore-1428331.html](https://www.researchgate.net/publication/337570272_Global_satellite-observed_daily_vertical_migrations_of_ocean_animals)

Ces éoliennes sont à 18 km des côtes. Elles gênent la propagation des ondes radars, notamment celles utilisées par les réseaux météo pour la détection de la pluie.

Instrumentation

Excellente moisson de résultats de IASI. En particulier sur les puits et sources de CO2.

Articles

- 1 -

Global satellite-observed daily vertical migrations of ocean animals (Behrenfeld et autres, Nature 576(7786) · December 2019) Every night across the world's oceans, numerous marine animals arrive at the surface of the ocean to feed on plankton after an upward migration of hundreds of metres. Just before sunrise, this migration is reversed and the animals return to their daytime residence in the dark mesopelagic zone (at a depth of 200-1,000 m). This daily excursion, referred to as diel vertical migration (DVM), is thought of primarily as an adaptation to avoid visual predators in the sunlit surface layer 1,2 and was first recorded using ship-net hauls nearly 200 years ago 3. Nowadays, DVMs are routinely recorded by ship-mounted acoustic systems (for example, acoustic Doppler current profilers). These data show that night-time arrival and departure times are highly conserved across ocean regions 4 and that daytime descent depths increase with water clarity 4,5 , indicating that animals have faster swimming speeds in clearer waters 4. However, after decades of acoustic measurements, vast ocean areas remain unsampled and places for which data are available typically provide information for only a few months, resulting in an incomplete understanding of DVMs. Addressing this issue is important, because DVMs have a crucial role in global ocean biogeochemistry. Night-time feeding at the surface and daytime metabolism of this food at depth provide an efficient pathway for carbon and nutrient export 6-8. Here we use observations from a satellite-mounted light-detection-and-ranging (lidar) instrument to describe global distributions of an optical signal from DVM animals that arrive in the surface ocean at night (https://www.researchgate.net/publication/337570272_Global_satellite-observed_daily_vertical_migrations_of_ocean_animals)

A souligner le caractère inattendu de ce résultat qui ne fait pas partie des objectifs de l'instrument, cas qui s'est souvent produit dans l'histoire des satellites d'observation.

--&&&--

- 2 -

A model for super El Niños (Saji N. Hameed, Dachao Jin & Vishnu Thilakan)

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6023905/pdf/41467_2018_Article_4803.pdf

Super El Niños, the strongest and most powerful of El Niños, impact economies, societies, and ecosystems disproportionately. Despite their importance, we do not fully understand how super El Niños develop their intensity and unique characteristics. Here, combining observational analyses with simple numerical simulations, we suggest that eastern Pacific intensified **super El Niños result from the interaction of an El Niño and a positive Indian Ocean Dipole**. Further, we identify a self-limiting behavior inherent to El Niño Southern Oscillation (ENSO) dynamics. This behavior—a consequence of the atmospheric Kelvin wave response that develops to the east of

ENSO's convective anomalies—dampens sea surface temperature (SST) variations in the eastern Pacific, thereby preventing super El Niños from developing through tropical Pacific dynamics alone. Our model explains the features of the large 1972, 1982, and 1997 El Niños; the large SST anomalies during the 2015 El Niño, however, were likely enhanced by strong decadal variability. *Lors des récents incendies en Australie, le dipôle de l'océan Indien était négatif et cela a contribué à la sécheresse.*

&&&&&
5

Substantial twentieth-century Arctic warming
caused by ozone-depleting substances

A. M. Polvani 1,2*, M. Previdi 2, M. R. England 1, G. Chiodo 1,3 and K. L. Smith2,4

The rapid warming of the Arctic, perhaps the most striking evidence of climate change, is believed to have arisen from increases in atmospheric concentrations of GHGs¹ since the Industrial Revolution. While the dominant role of carbon dioxide is undisputed, another important set of anthropogenic GHGs was also being emitted over the second half of the twentieth century: ozone-depleting² substances (ODS). These compounds, in addition to causing the ozone hole over Antarctica, have long been recognized³ as powerful GHGs. However, their contribution to Arctic warming has not been quantified. We do so here by analysing ensembles of climate model integrations specifically designed for this purpose, spanning the period 1955–2005 when atmospheric concentrations of ODS increased rapidly. We show that, when ODS are kept fixed, forced Arctic surface warming and forced sea-ice loss are only half as large as when ODS are allowed to increase. We also demonstrate that the large impact of ODS on the Arctic occurs primarily via direct radiative warming, not via ozone depletion. Our findings reveal a substantial contribution of ODS to recent Arctic warming, and highlight the importance of the Montreal Protocol as a major climate change-mitigation treaty.

<https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/rechauffement-climatique-ces-substances-sont-responsables-moitie-rechauffement-arctique-79274/>

Commentaire de Yves Fouquart : en gros, les CFCs causeraient pratiquement la moitié du réchauffement en Arctique. Ils représentent un gros 10% du forçage global

Dans l'article on lit (ODS = CFC, HCFC etc)

How can ODS, which contribute only ~20% of the GHG RF over the Arctic over that period (see Methods), cause one-half of the forced surface warming and sea-ice loss?

Mon idée est que ces gaz sont situés dans la stratosphère qui est beaucoup plus basse aux pôles.

Leur effet de serre à la surface y est donc à son maximum .

A titre de comparaison: un cirrus pour une atmosphère sub arctique en hiver a un forçage radiatif plus de 3 fois supérieur à celui qu'il a aux tropiques (calculé avec MODTRAN)

Les CFCs sont beaucoup plus abondants dans la stratosphère que dans la troposphère, et c'est ce qui explique cet effet. Ceci peut paraître paradoxal, mais s'explique par le fait que la troposphère cède les CFCs à l'océan, tandis que la barrière entre la troposphère et la stratosphère (la tropopause) est plutôt étanche. Il y a donc accumulation dans la stratosphère. La tropopause est à environ 12 km d'altitude sous les tropiques, contre 6 km dans les régions polaires.