

Journal of Geography, Environment and Earth Science International

19(4): 1-8, 2019; Article no.JGEESI.47650 ISSN: 2454-7352

Rôle de la convection atmosphérique dans le réchauffement planétaire

J. Marvin Herndon¹

1Transdyne Corporation, 11044 Red Rock Drive San Diego, CA 92131, USA.

Contribution de l'auteur

Ce seul auteur a conçu, analysé, interprété et préparé le manuscrit

Information sur l'article

DOI: 10.9734/JGEESI/2019/v19i430091

Éditeur(s):

Dr. Suvendu Roy, Assistant Professor, Department of Geography, Kalipada Ghosh Tarai Mahavidyalaya, India.
Dr. Kaveh Ostad-Ali-Askari, Department of Civil Engineering, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Réviseurs:

Agu Eensaar, Tallinn University of Applied Sciences, Estonia.
Antipas T. S. Massawe, University of Dar Es Salaam, Tanzania.
C. U. Ikeh, Nnamdi Azikiwe University, Awka, Anambra State, Nigeria.
Bharat Raj Singh, School of Management Sciences, Dr. APJ Abdul Kalam Technical University, Lucknow, India.
Benjamin Chukwumah Anwadike, College of Education, Warri, Nigeria

Historique de l'évaluation par des pairs: <http://www.sdiarticle3.com/review-history/47650>

Article de recherche original

Reçu le 17 décembre 2018

Accepté le 28 février 2019

Publié le 13 mars 2019

Résumé

Objectifs: Les calculs de convection géophysique peuvent éventuellement masquer des détails nécessaires à la compréhension des changements de transfert de chaleur par convection causés par des modifications du gradient de température contraire. L'objectif est de déterminer la relation fonctionnelle entre le gradient de température contraire et l'efficacité de la convection.

Méthodologie: Une expérience de démonstration en classe a été menée pour illustrer le principe selon lequel l'efficacité de la convection est directement fonction du gradient de température contraire.

Résultats: L'application de ce principe à la science du climat a de profondes implications pour le réchauffement climatique. Une brève période de réchauffement planétaire au cours de la seconde guerre mondiale, suivie d'un refroidissement rapide par la suite, est imputable non pas au dioxyde de carbone, mais à la pollution aux particules et à sa généralisation au réchauffement de la planète après 1950. Plutôt que de simplement bloquer la lumière du soleil et provoquer un refroidissement global, les particules d'aérosol sont des absorbeurs de radiations qui transfèrent rapidement la chaleur à l'atmosphère environnante, augmentant sa température par rapport à la température atmosphérique à la surface de la Terre. Ainsi, la réduction du gradient de température contraire entre la troposphère supérieure et la surface réduit la convection atmosphérique et réduit de façon concomitante la perte de chaleur superficielle induite par la convection, provoquant un réchauffement planétaire, réchauffant les océans, réduisant la solubilité du CO₂ et libérant du CO₂ dissous dans l'atmosphère.

Conclusions: Les niveaux croissants de CO₂ atmosphérique, plutôt que de provoquer le réchauffement climatique, sont symptomatiques du réchauffement climatique causé par les particules. L'idée de l'Anthropocène ne peut pas être justifiée par le CO₂ anthropique. Au lieu de cela, l'Anthropocène est mieux caractérisé par la pollution aux particules anthropiques. Une réduction drastique des émissions de particules polluantes serait suivie d'une réduction rapide et radicale du réchauffement planétaire, la pollution troposphérique tombant au sol en quelques jours ou semaines, augmentant ainsi l'efficacité de la convection atmosphérique et apportant potentiellement une solution radicale à la crise climatique mondiale. En outre, la réduction de la pollution aux particules, la plus grande menace pour la santé environnementale, permettrait de sauver des millions de vies et de réduire les souffrances de beaucoup d'autres.

Mots-clés: réchauffement climatique; convection atmosphérique; pollution aux particules; réchauffement par aérosols.

1. INTRODUCTION

Les modèles de convection atmosphérique géophysiques sont généralement complexes [1,2]. Ils impliquent généralement la résolution d'équations hydrodynamiques du mouvement couplées à des hypothèses [3,4]. Les calculs deviennent particulièrement opaques lorsque le paramétrage est utilisé [5]. Par conséquent, des détails critiques du processus physique de convection physique réel peuvent être masqués, des détails nécessaires pour permettre des avancées substantielles dans la compréhension scientifique et pour corriger les perceptions erronées.

La convection thermique est un processus facile à visualiser: Ajoutez quelques feuilles de thé dans une casserole d'eau sur la cuisinière. Avant que l'eau ne commence à bouillir, les feuilles de thé circulent de bas en haut et de haut en bas,

entraînées par le mouvement de l'eau. C'est la convection.

Chandrasekhar a décrit la convection de la manière suivante, facile à comprendre [6]: L'exemple le plus simple de convection induite thermiquement se présente lorsqu'une couche horizontale de fluide est chauffée par dessous et qu'un gradient de température contraire est maintenu. L'adjectif « contraire » est utilisé pour qualifier le gradient de température dominant, puisqu'en raison de la dilatation thermique, le liquide en bas devient plus léger que le liquide au sommet; et cette disposition extrême est potentiellement instable. Dans ces circonstances, le fluide essaiera de se redistribuer pour remédier à cette répartition instable. C'est ainsi que la convection thermique prend naissance : elle représente les efforts du

fluide pour retrouver une certaine stabilité.

Étonnamment, les conséquences du gradient de température contraire sur la convection sont rarement, voire jamais, explicitement prises en compte dans les calculs de convection géophysique [7]. Par exemple, on a dit que le réchauffement de l'atmosphère par les particules a « modifié la structure de la température atmosphérique » [8] sans mentionner les conséquences sur la convection atmosphérique et la réduction concomitante du transfert de chaleur en surface résultant de la diminution du gradient de température contraire.

Les calculs de convection atmosphérique relatifs aux conséquences de gradients de température contraires sont nécessairement complexes et peuvent ne pas être possibles sans hypothèses et simplifications ad hoc. Néanmoins, une simple expérience de démonstration en classe peut guider la compréhension.

2. MÉTHODOLOGIE

L'expérience de convection par démonstration en classe a été réalisée par l'auteur en utilisant un bécber à bec de 4 litres, presque rempli d'eau distillée et chauffé sur une plaque chauffante régulée. Comme indicateur de convection, des graines de céleri ont été ajoutées pour être entraînées par des mouvements de convection dans l'eau. Une fois la convection stable obtenue, un carreau de céramique a été placé sur le bécber afin de retarder la perte de chaleur, augmentant ainsi la température au sommet par rapport à celle du bas, diminuant ainsi le gradient de température contraire. La diminution du nombre de graines de céleri en mouvement indiquait la réduction de la convection, enregistrée par photographie [9].

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

La figure 1 présente des images du bécber sur la plaque chauffante régulée, prises pendant une minute, extraites d'un enregistrement vidéo [9]. L'image $T = 0$ a été prise après l'obtention d'une convection stable et juste avant que le carreau de céramique ne soit placé au sommet du

bécber. Placer le carreau au-dessus du bécber a permis d'atténuer les pertes de chaleur de la surface et d'élever la température au sommet de la solution par rapport à celle du fond, ce qui a réduit le gradient de température contraire. En une minute à peine, le nombre de graines de céleri en mouvement, entraînées par la convection, a nettement diminué, ce qui démontre que la réduction du gradient de température contraire a diminué la convection.

La communauté scientifique spécialisée dans les sciences du climat, y compris le Groupe Intergouvernemental d'Experts du Climat (GIEC) des Nations Unies, a promulgué la fausse idée selon laquelle les particules d'aérosol provoquent un refroidissement global en bloquant la lumière solaire [7,10-12]. Cependant, il est récemment apparu clairement que les particules d'aérosol sont des absorbeurs efficaces du rayonnement solaire, soit séparément sous forme de grosses particules, soit sous forme d'assemblages de petites particules qui transmettent rapidement cette chaleur aux gaz atmosphériques environnants [13-16].

Une des conséquences principales du réchauffement de la haute troposphère par l'intermédiaire de particules absorbant la chaleur peut être déduite directement des observations expérimentales présentées ici.

Les particules de la troposphère, chauffées par le rayonnement solaire ou par le rayonnement de la surface de la Terre, transmettent cette chaleur à l'atmosphère environnante, ce qui élève sa température par rapport à la température atmosphérique à la surface de la Terre. En d'autres termes, le gradient de température contraire entre la troposphère supérieure et la surface est abaissé, ce qui réduit la convection atmosphérique et réduit de manière concomitante la perte de chaleur superficielle induite par la convection.

La conséquence en est l'augmentation du réchauffement climatique. L'abaissement du gradient de température contraire dans la basse atmosphère est le principal moyen par lequel la pollution particulaire mondiale provoque le réchauffement planétaire.

La vie sur Terre est possible en partie car un équilibre de rayonnement naturel existe entre notre planète et le soleil. La perception largement répandue selon laquelle les gaz à effet de serre anthropiques, principalement le dioxyde de carbone [CO₂] - provoqueraient le réchauffement de la planète en piégeant la chaleur qui, autrement, devrait être rayonnée dans l'espace [7,17,18] est discutable. De plus, ceux qui soutiennent qu'il n'y a pas de réchauffement climatique artificiel sont souvent appelés « négationnistes » [19,20] et ont

également peu de chance d'être corrects. Comme décrit ci-dessous, il est récemment devenu possible de démontrer qu'aucune de ces perceptions du changement climatique n'est correcte. L'activité humaine est effectivement à l'origine du réchauffement climatique, mais pas principalement par les émissions de gaz à effet de serre. La pollution aux particules est probablement la principale cause du réchauffement en cours de la planète.[16,21,22]

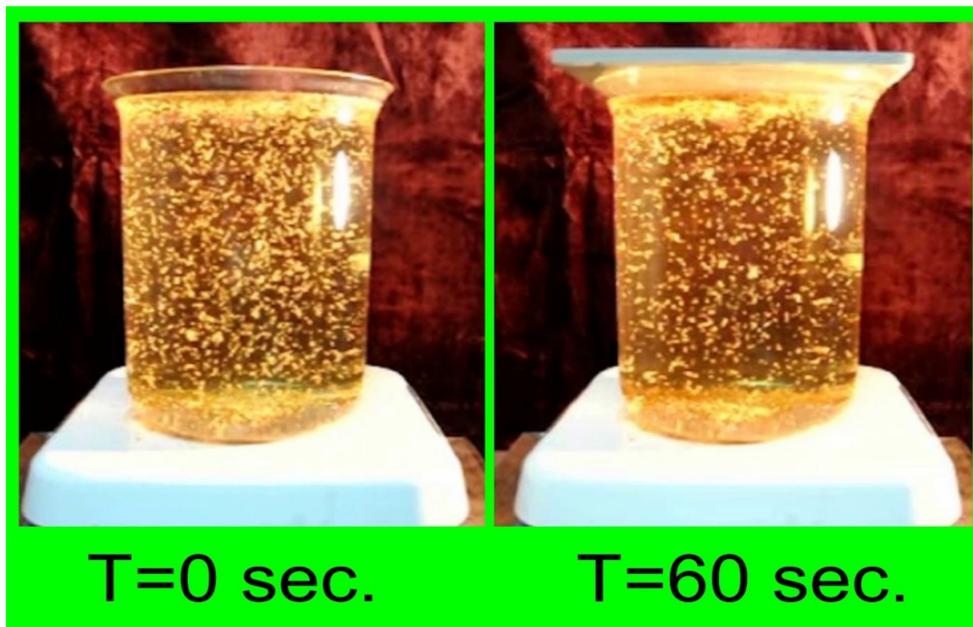


Fig. 1. Un bécher d'eau sur une plaque chauffante régulée contenant des graines de céleri mues par les mouvements de convection des fluides

En plaçant un carreau de céramique sur le bécher un moment après que $T = 0$, on réduit la perte de chaleur, et on réchauffe efficacement la température de la solution en haut, réduisant ainsi le gradient de température contraire et on réduit la convection, r le nombre réduit de graines de céleri en mouvement à $T = 60$ secondes le montre. Cette réduction de la convection est raisonnable étant donné que zéro gradient de température contraire est par définition zéro convection thermique. Cette démonstration simple en classe illustre bien le principe selon lequel l'efficacité de la convection est une fonction directe du gradient de température contraire. L'application de ce principe à la science du climat a de profondes implications sur le réchauffement climatique

Les observations qui ont conduit à cette découverte ont commencé par une image en première page du New York Times du 19 janvier 2017, une présentation de la température de surface globale qui montrait une hausse abrupte des températures coïncidant avec la seconde guerre mondiale. Inspiré par cette image, le physicien de Harvard, Bernard Gottschalk [23,24] a appliqué des techniques sophistiquées d'ajustement de courbes et a démontré que la

hausse était une caractéristique solide et évidente dans huit bases de données indépendantes de la NOAA. Gottschalk en a conclu que la hausse de la température relative « est une conséquence de l'activité humaine pendant la seconde guerre mondiale » [23].

S'inspirant du travail de Gottschalk [23,24], l'auteur [21] s'est rendu compte que deux conséquences de la seconde guerre mondiale

étaient potentiellement capables de modifier l'équilibre des radiations soleil-terre et de provoquer le réchauffement climatique: la pollution particulaire et le dioxyde de carbone.

La figure 2 de [23] est une copie de la figure de Gottschalk à laquelle ont été ajoutées trois approximations de valeur relative représentant les principales activités génératrices de pollution aux particules [21]. Les activités sont les suivantes: production mondiale de charbon [25,26]; production mondiale de pétrole brut [26,27]; et consommation mondiale de carburant pour l'aviation [26]. Chaque base de données a été normalisée à sa valeur de 1986 et chaque courbe de valeur relative a ensuite été fixée en 1986 à la courbe relative de réchauffement mondial de Gottschalk. Les particules suivent bien les huit bases de données mondiales de la NOAA utilisées par Gottschalk.

Au cours de la seconde guerre mondiale, la production industrielle a généré une forte augmentation de la pollution atmosphérique, des fumées et des cendres volantes provenant des cheminées industrielles, des usines et des moteurs de locomotives, des transports maritimes et aéronautiques en forte augmentation, ainsi que des activités militaires

de grande envergure qui a pollué l'air avec des gaz d'échappement d'aéronefs, de navires et de véhicules et les conséquences d'un grand nombre d'explosions de munitions, y compris la démolition de villes entières, ainsi que leurs débris et leurs fumées. La conséquence en est que le réchauffement de la planète durant la seconde guerre mondiale a été provoqué par la pollution qui piègeait la chaleur laquelle aurait dû être renvoyée dans l'espace, modifiant ainsi le fragile équilibre thermique de la Terre [21].

Les mêmes activités qui provoquent la pollution aux particules produisent généralement des quantités massives de dioxyde de carbone. Le réchauffement climatique de la seconde guerre mondiale, cependant, n'a pas été produit par le CO2 atmosphérique. Le temps de séjour extrêmement long du dioxyde de carbone dans l'atmosphère (plusieurs décennies ou plus) [7] l'élimine en tant que principale cause du réchauffement de la seconde guerre mondiale car, juste après la seconde guerre mondiale, la température mondiale a chuté. Le rapide arrêt du réchauffement planétaire de la seconde guerre mondiale, s'explique par la chute au sol de la pollution troposphérique et de ses particules, en quelques jours ou semaines [28].

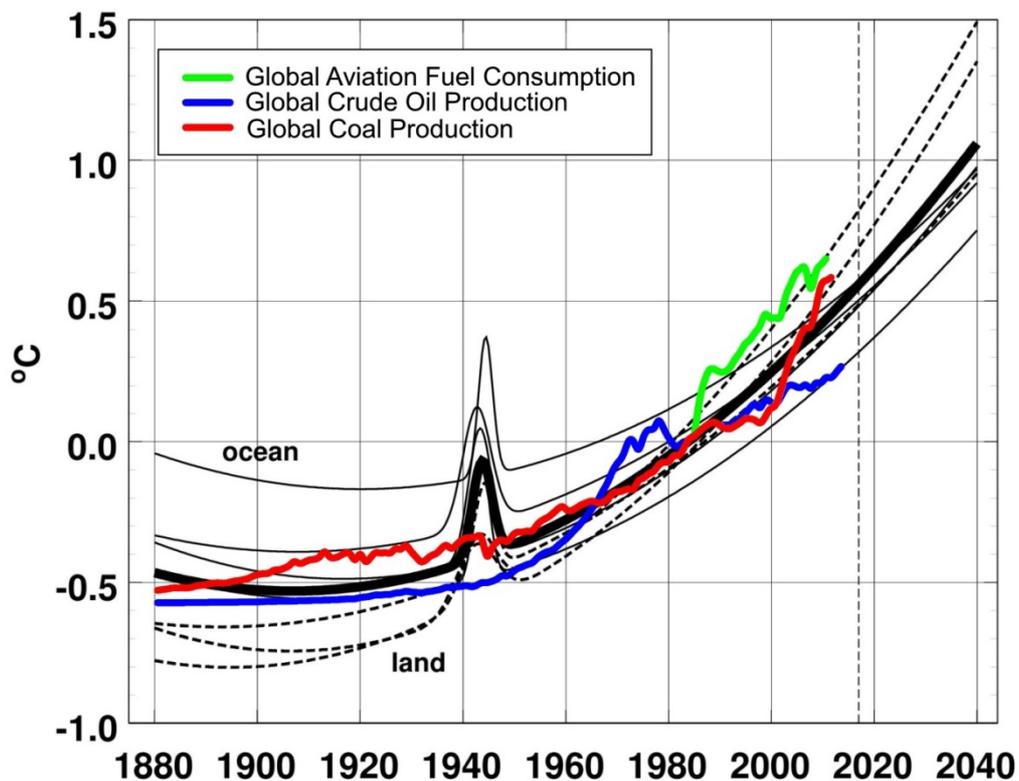


Fig. 2. Copie des courbes ajustées de Gottschalk pour huit bases de données de la NOAA montrant les profils de température relatifs dans le temps [23], auxquels sont ajoutés des valeurs approchées pour la pollution aux particules.

Ligne pointillée: la terre; ligne supérieure: les océans; trait gras: moyenne pondérée. À partir de [21]

Lorsque les particules aérosolisées se sont déposées au sol après la guerre, les excès d'énergie piégés ont été renvoyés par la Terre et le réchauffement planétaire s'est soudainement calmé. Toutefois, la pollution aux particules a recommencé à augmenter, conséquence de la croissance industrielle après la seconde guerre mondiale, initialement en Europe et au Japon, puis en Chine, en Inde et dans le reste de l'Asie, entraînant une augmentation spectaculaire de la pollution aux aérosols dans le monde [29].

Pour maintenir son équilibre thermique, la Terre doit restituer à l'espace la quasi-totalité de l'énergie qu'elle reçoit du soleil, ainsi que de l'énergie qu'elle produit en interne. Cet équilibre thermique complexe a été maintenu naturellement sans intervention humaine pendant la majeure partie de la vie de la Terre.

La figure 3 est une représentation schématique de l'atmosphère terrestre. La région verticale où se produit principalement la convection atmosphérique est indiquée par l'image du bécot de convection. Dans cette région les particules de pollution absorbent le

rayonnement solaire et le rayonnement de la Terre, elles sont chauffées et transfèrent cette chaleur à l'atmosphère environnante, ce qui réduit le gradient de température contraire par rapport à la surface. La réduction du gradient de température contraire a pour conséquence de réduire la convection atmosphérique, laquelle réduit à son tour les pertes de chaleur par convection à la surface, entraînant un réchauffement de la planète.

La science progresse en remplaçant une compréhension peu précise par une compréhension plus précise, processus qui nécessite de constamment remettre en question les idées actuelles. Même aux plus hauts niveaux, toutefois, la communauté scientifique spécialisée dans les sciences du climat n'a pas mis en doute la conviction selon laquelle le dioxyde de carbone anthropique serait l'agent responsable du réchauffement planétaire. Personne ne semble avoir posé la question scientifique de base: « Qu'est-ce qui ne tient pas dans cette idée ? »

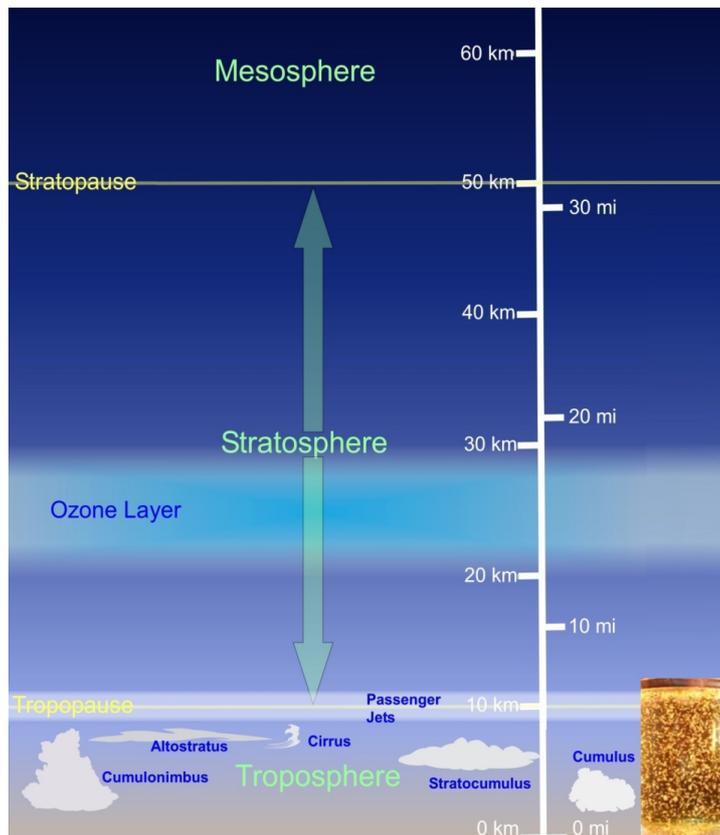


Fig. 3. Représentation schématique de l'atmosphère terrestre. L'image du bocal de convection indique la région verticale de l'atmosphère où la convection est une caractéristique commune

Une idée qui ne tient pas, c'est que le réchauffement climatique réchauffe sans aucun doute les océans, le principal réservoir de CO₂. Le réchauffement des océans réduit non seulement la solubilité du CO₂, mais libère également du CO₂ dissous dans l'atmosphère [22,30]. Les niveaux croissants de CO₂ atmosphérique, plutôt que de provoquer nécessairement le réchauffement planétaire, sont symptomatiques d'une cause du réchauffement planétaire totalement différente et non reconnue. Il semble que la communauté scientifique du climat ait pris pour acquis l'affirmation erronée selon laquelle les particules refroidissent l'atmosphère [7,10-12].

Steffen, Crutzen et McNeill [31] ont contribué à développer l'idée de l'Anthropocène, l'époque proposée de l'Holocène, dans laquelle l'activité humaine est devenue une force géophysique mondiale. Ils proposent que la « grande accélération » de cette nouvelle époque débute lorsque « le taux de croissance du dioxyde de carbone a atteint un point de décollage vers 1950 ».

L'idée de l'Anthropocène ne peut pas être justifiée par le CO₂ anthropique. L'Anthropocène est mieux caractérisé par la pollution aux particules anthropiques. La « grande accélération » de la pollution aux particules a été introduite pendant la seconde guerre mondiale et après quelques années de pause, avec l'augmentation massive de la croissance industrielle mondiale et en même temps sa pollution aux particules.

La bonne nouvelle, c'est qu'une réduction drastique des émissions de particules polluantes serait rapidement suivie d'une réduction drastique du réchauffement planétaire. Au fur et à mesure que les particules de pollution troposphériques retombent au sol, en l'espace de quelques jours à quelques semaines [28], le gradient de température contraire de l'atmosphère par rapport à la surface augmente, ce qui augmente les pertes de chaleur de surface dues à la convection, tout en réduisant simultanément le réchauffement planétaire. En outre, la réduction de la pollution aux particules, la plus grande menace pour la santé environnementale, permettrait de sauver des

millions de vies et de réduire les souffrances de beaucoup d'autres [32].

4.CONCLUSION

Au cours de la seconde guerre mondiale, des quantités massives de polluants particuliers et de dioxyde de carbone ont été rejetées dans l'atmosphère. Le « choc » de la seconde guerre mondiale sur le profil thermique planétaire relatif dans huit bases de données de la NOAA montre un brutal réchauffement global anthropique et un refroidissement brutal. Comme le CO₂ a une longue durée de vie dans l'atmosphère, le refroidissement global rapide à la fin de la deuxième guerre mondiale ne peut pas correspondre à la chaleur piégée par le CO₂. Au lieu de cela, le refroidissement planétaire soudain indique que le réchauffement climatique est causé par une pollution particulaire en aérosols qui tombe au sol en quelques jours, voire quelques semaines.

Des articles scientifiques récents montrent que les particules aérosolisées absorbent le rayonnement solaire entrant ainsi que le rayonnement sortant de la surface de la Terre. Ainsi chauffées, les particules transfèrent cette chaleur à l'atmosphère environnante. Le réchauffement de la haute troposphère, illustré par une expérience de convection en classe, a pour conséquence de réduire le gradient de température contraire entre la troposphère supérieure et l'atmosphère de surface de la Terre; ceci, à son tour, réduit les pertes de

RÉFÉRENCES

1. Emanuel KA, Živković-Rothman M. Development and evaluation of a convection scheme for use in climate models. *Journal of the Atmospheric Sciences*. 1999;56(11):1766-1782.
2. Guilyardi E, Wittenberg A, Fedorov A, Collins M, Wang C, Capotondi A, et al. Understanding El Niño in ocean-atmosphere general circulation models: Progress and challenges. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2009;90(3):325-340.
3. Ogura Y. The evolution of a moist

chaleur par convection et provoque le réchauffement climatique.

En outre, le réchauffement climatique causé par la pollution aux particules réchauffe les océans, diminue la solubilité du CO₂ et contribue ainsi à libérer dans l'atmosphère le CO₂ dissous dans les océans. Plutôt que de provoquer le réchauffement climatique, l'augmentation des niveaux de CO₂ atmosphérique est symptomatique d'un processus de piégeage thermique totalement différent. La pollution particulaire a provoqué le réchauffement global. L'idée d'Anthropocène ne peut pas être justifiée par le CO₂ anthropique, mais est mieux caractérisée par la pollution anthropique aux particules.

Le piégeage et la réduction des particules font bien partie du savoir-faire technologique et managérial actuel de l'humanité. La rapidité avec laquelle les particules de pollution troposphériques tombent au sol, en jours ou en semaines, permettrait de rétablir rapidement l'efficacité de la convection atmosphérique. Si un effort mondial visant à réduire les émissions de particules en suspension dans les aérosols était adopté, il serait suivi d'une réduction rapide et radicale du réchauffement planétaire et d'une amélioration significative de la santé publique planétaire.

CONFLITS D'INTERETS

L'auteur déclare n'avoir aucun conflit d'intérêt.

convective element in a shallow, conditionally unstable atmosphere: A numerical calculation. *Journal of the Atmospheric Sciences*. 1963;20(5):407-424.

4. Herring JR. Investigation of problems in thermal convection: rigid boundaries. *Journal of the Atmospheric Sciences*. 1964;21(3):277-290.

5. Chollet J-P, Lesieur M. Parameterization of small scales of three-dimensional isotropic turbulence utilizing spectral closures. *Journal of the Atmospheric Sciences*. 1981;38(12):2747-2757.

6. Chandrasekhar S. Thermal Convection. *Proc Amer Acad Arts Sci.* 1957;86(4):323-339.
7. Stocker T, Qin D, Plattner G, Tignor M, Allen S, Boschung J, et al. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1535 pp. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, and New York; 2013.
8. Ramanathan V, Crutzen P, Kiehl J, Rosenfeld D. Aerosols, climate, and the hydrological cycle. *Science.* 2001;294(5549):2119-24.
9. <http://nuclearplanet.com/convection.mp4> Accessed February 11, 2019.
10. Letcher TM. Why do we have global warming? *Managing Global Warming: Elsevier;* 2019. p. 3-15.
11. Summerhayes CP, Zalasiewicz J. Global warming and the Anthropocene. *Geology Today.* 2018;34(5):194-200.
12. Andreae MO, Jones CD, Cox PM. Strong present-day aerosol cooling implies a hot future. *Nature.* 2005;435(7046):1187.
13. Moteki N, Adachi K, Ohata S, Yoshida A, Harigaya T, Koike M, et al. Anthropogenic iron oxide aerosols enhance atmospheric heating. *Nature communications.* 2017;8:15329.
14. Stier P, Seinfeld JH, Kinne S, Boucher O. Aerosol absorption and radiative forcing. *Atmospheric Chemistry and Physics.* 2007;7(19):5237-5261.
15. Ito A, Lin G, Penner JE. Radiative forcing by light-absorbing aerosols of pyrogenetic iron oxides. *Scientific Reports.* 2018;8(1):7347.
16. Herndon JM. Fundamental climate science error: Concomitant harm to humanity and the environment *J Geog Environ Earth Sci Intern.* 2018;18(3):1-12.
17. Oreskes N. The scientific consensus on climate change. *Science.* 2004;306(5702):1686.
18. IPOC. Climate change 2007: The physical science basis. *Agenda.* 2007;6(07):333.
19. Bell L. Climate of corruption: Politics and power behind the global warming hoax: Greenleaf Book Group; 2011.
20. Morano M. *The Politically Incorrect Guide to Climate Change: Regnery Publishing;* 2018.
21. Herndon JM. Air pollution, not greenhouse gases: The principal cause of global warming. *J Geog Environ Earth Sci Intern.* 2018;17(2):1-8.
22. Herndon JM. Science misrepresentation and the climate-science cartel. *J Geog Environ Earth Sci Intern.* 2018;18(2):1-13.
23. Gottschalk B. Global surface temperature trends and the effect of World War II: a parametric analysis (long version). *arXiv preprint arXiv:170306511.*
24. Gottschalk B. Global surface temperature trends and the effect of World War II. *arXiv:170309281.*
25. Rutledge D. Estimating long-term world coal production with logit and probit transforms. *International Journal of Coal Geology.* 2011;85(1):23-33.
26. <https://www.indexmundi.com/energy/> Accessed February 11, 2019.
27. Maggio G, Cacciola G. When will oil, natural gas, and coal peak? *Fuel.* 2012;98:111-123.
28. Müller J. Atmospheric residence time of carbonaceous particles and particulate PAH-compounds. *Science of the Total Environment.* 1984;36:339-346.
29. McNeill JR. Something new under the sun: An environmental history of the twentieth-century world (the global century series): WW

Norton & Company; 2001.

30. Stallinga P, Khmelinskii I. Analysis of Temporal Signals of Climate. *Natural Science*. 2018;10(10):393.

31. Steffen W, Crutzen PJ, McNeill JR. The

Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. 2007;36(8):614-621.

32. Carrington D, Taylor M. Air pollution is the 'new tobacco', warns WHO head. *The Guardian*. 2018.

© 2019 Herndon; Ceci est un article en libre accès distribué selon les termes de la licence Creative Commons Attribution (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), qui autorise une utilisation, une distribution et une reproduction sans restriction sur tout support, à condition que l'œuvre originale correctement citée.

Historique de l'évaluation par les pairs:
L'historique de l'évaluation par les pairs pour cet article peut être consulté ici:
<http://www.sdiarticle3.com/review-history/47650>