

prendre, peut-être même à les prévoir. Pour atteindre ce but, les géophysiciens et les climatologues étudient les relations existant entre ces trois éléments. Notamment ils sont en train de préciser et de quantifier les effets des événements El Niño sur le moment cinétique atmosphérique, l'un des indices les plus précis pour tester la validité des modèles climatiques.

La vitesse de rotation de l'atmosphère

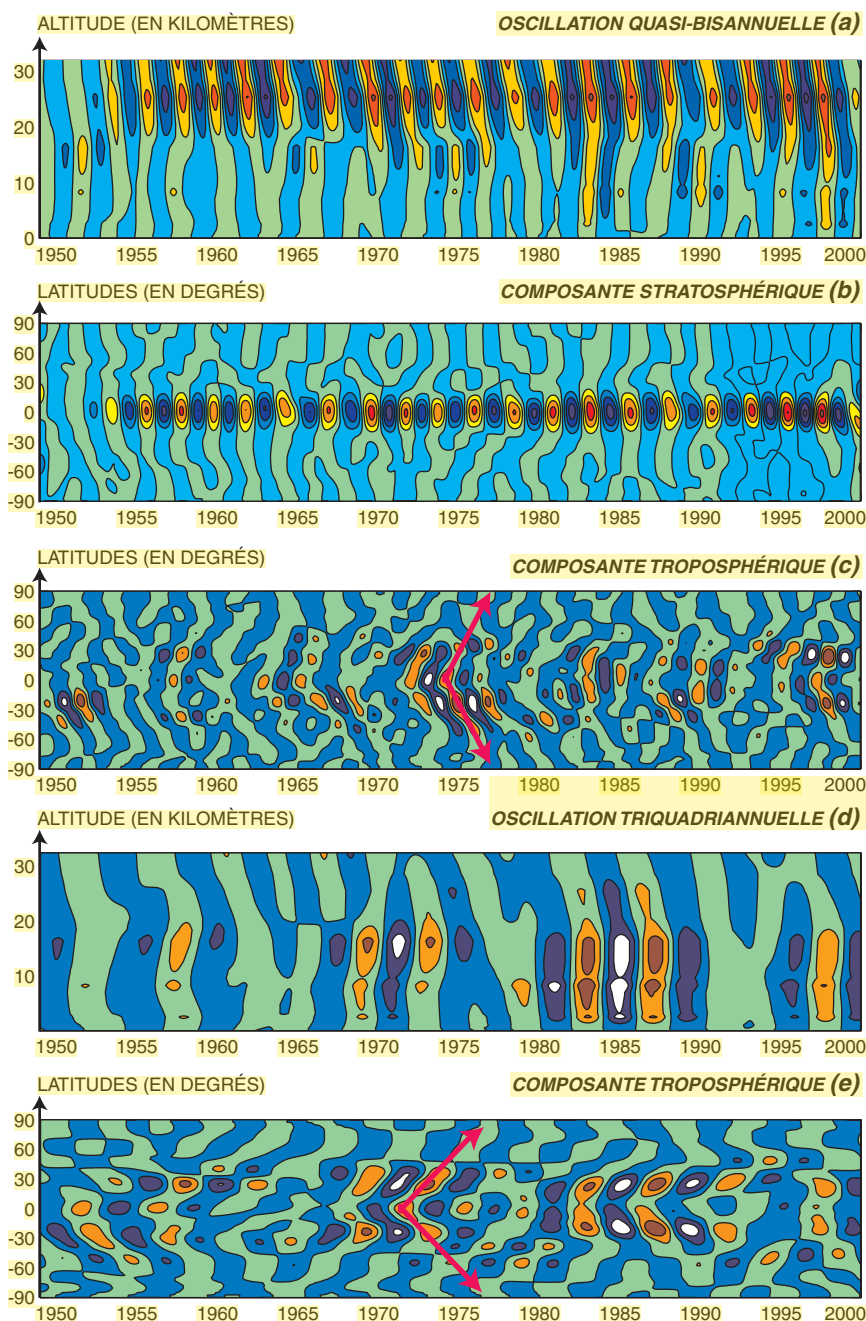
Les deux derniers El Niño intenses ont eu lieu en 1982-1983 et en 1997-1998 (il y en a eu de moindre intensité en 1986-1987 et 1992). Celui de 1982-1983 a été particulièrement intense. Il a provoqué des tempêtes et des inondations en Amérique et des sécheresses

en Indonésie et en Australie. C'est pendant cet événement que le moment cinétique de l'atmosphère a atteint la plus grande valeur jamais enregistrée et que l'on a remarqué pour la première fois les corrélations entre le moment cinétique atmosphérique et l'indice de l'oscillation australe. En comparant leurs valeurs lors des années précédentes, on constate qu'elles varient en opposition de phase et qu'elles atteignent des valeurs extrêmes chaque fois qu'un événement El Niño a lieu (voir la figure 5).

En juin 1997, le Pacifique tropical, jusqu'alors légèrement plus froid que d'habitude, a commencé à se réchauffer, et les observations par satellite ont montré que le niveau de la mer s'élevait à l'Est, à cause de l'arrivée d'un train d'ondes de Kelvin : ces prémices annonçaient l'épisode El Niño de 1997-1998. Les alizés ont faibli et le jet-stream de l'hémisphère Nord s'est intensifié, entraînant une augmentation du moment cinétique atmosphérique et de la longueur du jour. L'événement El Niño a atteint son apogée en février 1998, quand ces deux valeurs étaient maximales. Jusqu'en mai 1998, les eaux superficielles de l'océan Pacifique sont restées anormalement chaudes, puis, à partir d'août 1998, El Niño a laissé la place à La Niña.

Les moyennes régionales du moment cinétique atmosphérique montrent le lien direct entre cette quantité et les événements El Niño, pendant chaque phase de leur déroulement (voir la figure 6). Lors de l'épisode El Niño de 1997-1998, elles indiquent qu'il était anormalement élevé à l'équateur de mars à octobre 1997, ce qui correspond à la perturbation de la cellule de Walker, puis aux latitudes moyennes de novembre 1997 à janvier 1998, ce qui correspond à la perturbation de la cellule de Hadley, et enfin aux hautes latitudes jusqu'en juillet 1998.

À une échelle de temps un peu plus longue, trois types de vents sont responsables des variations du moment cinétique atmosphérique (voir la figure 7) : des vents stratosphériques qui se propagent des hautes vers les basses altitudes et localisés au voisinage de l'équateur, des vents troposphériques qui se propagent de la surface vers les hautes altitudes et de l'équateur vers les pôles (selon les flèches rouges). L'oscillation triquadiennale (d) est formée par des vents essentiellement troposphériques (e) qui se propagent de l'équateur vers les pôles (selon les flèches rouges) avec une période de trois à quatre ans.



7. L'OSCILLATION QUASI-BISANNUELLE a une période d'environ 2 ans (a), comme le montrent les mesures du moment cinétique atmosphérique (qui augmente du violet au bleu, vert, jaune, rouge et blanc) Elle est formée par des vents stratosphériques (b) qui se propagent des hautes vers les basses altitudes et localisés au voisinage de l'équateur, des vents troposphériques (c) qui se propagent de la surface vers les hautes altitudes et de l'équateur vers les pôles (selon les flèches rouges). L'oscillation triquadiennale (d) est formée par des vents essentiellement troposphériques (e) qui se propagent de l'équateur vers les pôles (selon les flèches rouges) avec une période de trois à quatre ans.

troposphériques qui se propagent de l'équateur vers les pôles avec une période de trois à quatre ans (ils forment l'oscillation «triquadriennale»).

Lors des deux événements El Niño de 1982-1983 et de 1997-1998, les variations d'intensité de ces vents étaient en phase et présentaient de grandes amplitudes. Était-ce une coïncidence ? Non, car les deux types de vents troposphériques dépendent des variations de température en surface des océans, donc de El Niño. En outre, les variations d'intensité des vents stratosphériques étaient en phase avec celles des vents troposphériques, ce qui indique probablement un lien de cause à effet entre ces vents et les épisodes El Niño, par l'intermédiaire des vents troposphériques, et ce qui accentue encore la relation entre le moment cinétique atmosphérique et l'indice de l'oscillation australe.

Selon une hypothèse encore débattue au sein de la communauté scientifique, les épisodes El Niño intenses, tels ceux de 1982-1983 et de 1997-1998, se produiraient quand les oscillations quasi-bisannuelles et triquadriennales sont en phase et de grande amplitude. À l'aide de méthodes statistiques, on détermine l'évolution de ces oscillations. En 2001-2002, leurs composantes troposphériques seraient en phase, ce qui apparaîtrait comme une condition nécessaire au déclenchement d'un épisode El Niño, mais celle de l'oscillation quasi-bisannuelle serait de faible amplitude, ce qui laisse présager un épisode El Niño peu intense. Cependant, cette prévision a ses limites : l'emploi des méthodes statistiques introduit une incertitude irréductible tant que l'on ne comprendra pas comment la période et l'amplitude

des oscillations quasi-bisannuelle et triquadriennale varie. En outre, elle suppose que ces deux oscillations intègrent l'influence des autres composantes du système climatique, notamment de l'océan.

Le moment cinétique atmosphérique présente aussi des fluctuations décennales. El Niño en est-il responsable ? Nous ne savons pas encore répondre à cette question, tant les sources de variations sont nombreuses à cette échelle de temps. D'autres phénomènes climatiques pourraient aussi intervenir, notamment l'oscillation Nord-atlantique, le deuxième phénomène de plus grande ampleur après El Niño.

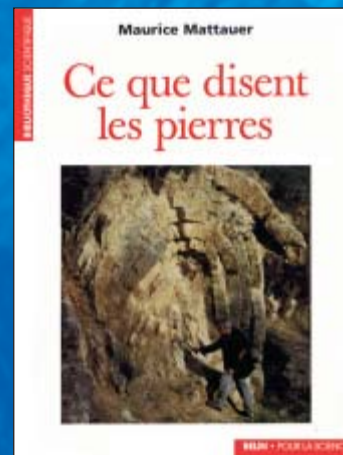
Aujourd'hui, on sait que les épisodes El Niño sont plus fréquents pendant certaines décennies, alors que les épisodes La Niña sont plus fréquents pendant d'autres. Dans les années 1990, des conditions chaudes se sont «anormalement» maintenues dans le Pacifique tropical. On parle de El Padre ou de La Madre pour qualifier ces périodes de 10 à 20 ans où les conditions sont respectivement plutôt chaudes ou plus froides et pendant lesquelles El Niño ou La Niña apparaissent plus souvent. La communauté scientifique essaie de trouver les causes de cette variabilité décennale. Dans ces modèles, elle doit aussi tenir compte de l'impact des gaz à effet de serre qui participent au réchauffement du climat de notre planète. Ceux qui, comme nous, étudient tant des données astrométriques et géodésiques que des processus atmosphériques, océaniques ou liés au couplage avec le noyau terrestre, cherchent à comprendre tous ces phénomènes pour prévoir le climat futur.

Rodrigo ABARCA DEL RIO est géophysicien au département de mécanique spatiale de la société Communication et Systèmes (CS), à Toulouse. Daniel GAMBIS est astronome à l'Observatoire de Paris, où il dirige le Service international de la rotation terrestre. David SALSTEIN est météorologiste dans la société de Recherche Atmosphérique et Environnementale, à Lexington (Massachusetts) où il dirige le service de diagnostic atmosphérique et océanique. Boris DEWITTE est océanographe de l'Institut de recherche pour le développement au Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiale, à Toulouse.

ABARCA DEL RIO, R. D. GAMBIS, D.A. SALSTEIN, *Interannual signals in length of day and atmospheric angular momentum*, Ann. Geophys., n° 18, pp. 347-364, 2000.

DICKEY, J.O., P. GEGOUT, et S.L. MARCUS, *Earth-Atmosphere angular momentum exchange and ENSO. The rotational signature of the 1997-98 event.*, Geophys. Res. Lett., n° 26, pp. 2477-2488, 1999.

T. DELCROIX, B. DEWITTE, Y. DUPENHOAT, F. MASIA et J. PICAUT, 2000 : *Equatorial waves and warm pool displacement during the 1992-1998 El Niño events.* J. Geophys. Research., n° 105, pp. 26045-26062, 2000.



CE QUE DISENT LES PIERRES

Maurice Mattauer

Ce livre vous convie à une promenade illustrée dans l'univers des pierres. À partir de l'image, Maurice Mattauer, professeur de géologie à l'Université de Montpellier, reconstitue l'histoire des roches et les grands événements dont elles sont les témoins, et invite à un «retour aux pierres», gage d'une nouvelle compréhension de la nature.

Code 075001 • 100 F
144 pages

Voir bon de commande
page 98

BELIN • POUR LA SCIENCE