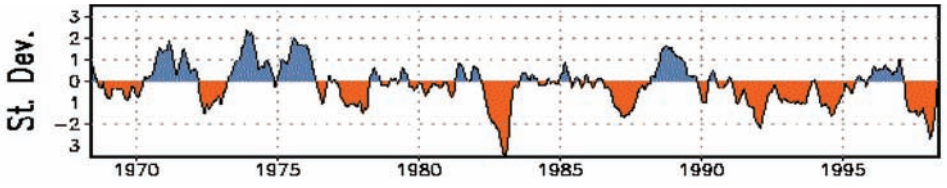
El Niño, La Niña : une rencontre entre l'océan et l'atmosphère

Patrick Vincent,
Cnes

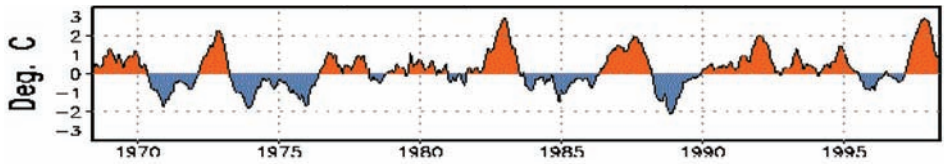
Observations

Le phénomène El Niño existe depuis plusieurs milliers d'années. Parmi les paramètres qui peuvent être observés pour témoigner de la présence d'un événement El Niño (ou même de le prévoir), la température de surface est très importante. Ainsi, durant la période 1996-1999, si on observe la variation de la température en divers points de la côte Pacifique de l'Amérique du Sud, on peut constater, en 1997-1998, des élévations de température de surface pouvant dépasser de 5 ou de 6 degrés Celsius une moyenne pluriannuelle. En fait, l'observation de ce phénomène indique que l'événement El Niño est en train de se produire. Les observations *in situ* offrent donc une possibilité concrète de témoigner de phénomènes tels qu'El Niño.

C'est le scientifique Sir Walker qui a été le premier à observer ces événements dans l'océan Pacifique, d'un point de vue atmosphérique. Il a analysé en particulier les écarts de pression atmosphérique entre deux stations météorologiques, situées à Darwin et à Tahiti. Il a alors constaté que les écarts donnaient un indice de basculement des hautes et des basses pressions dans le Pacifique. Ensuite, Bjerkness (1966) a théorisé les interactions entre l'océan Pacifique et l'atmosphère, en établissant une relation entre l'Oscillation australe et le phénomène El Niño : une relation entre la faiblesse des alizés, les températures élevées de l'océan ; ainsi les conditions d'El Niño ont pu être mises en évidence. Dans les années quatre-vingt, un programme international d'observation *in situ* dans l'océan Pacifique tropical (Toga) a été mis en œuvre pour collecter des observations de manière régulière et de natures différentes à diverses profondeurs, afin, entre autres, d'analyser et comprendre le phénomène El Niño.

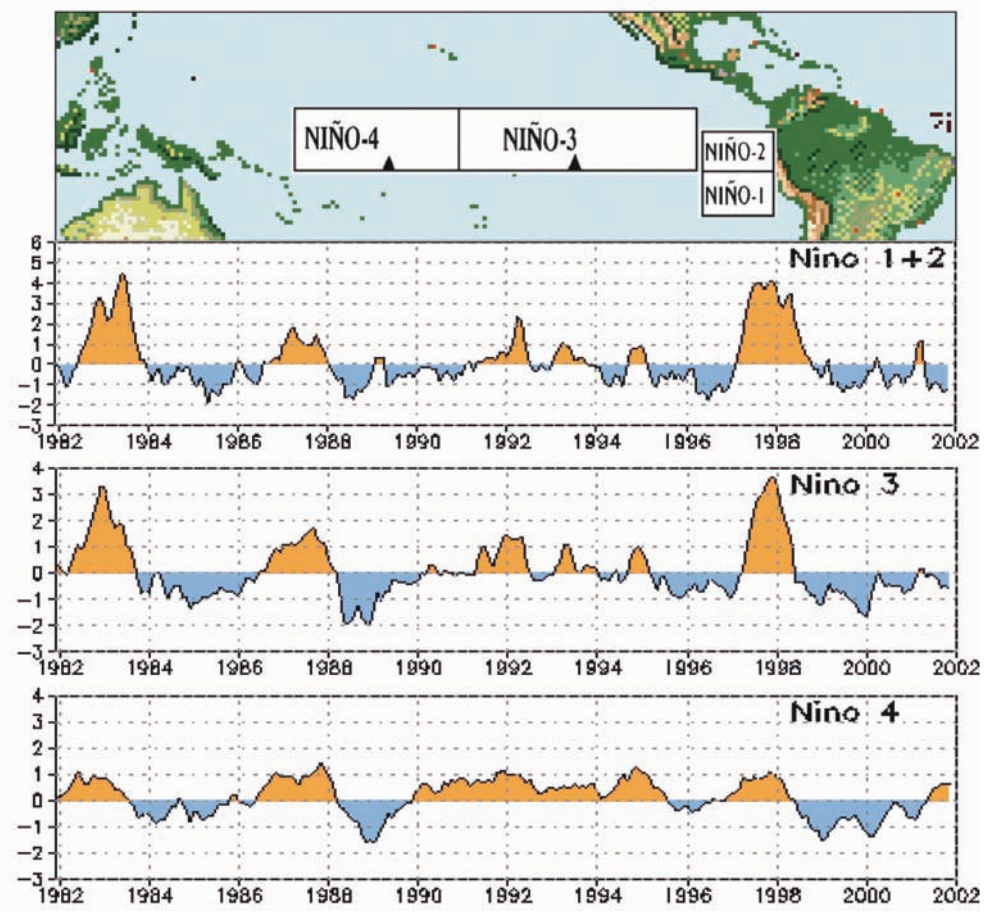


Différence de pression atmosphérique entre Tahiti et Darwin (index de l'oscillation australe). © Cnes.



Température de surface dans l'Est du Pacifique équatorial. © Cnes.

Vous constatez qu'entre les périodes de janvier-mars 1989 et janvier-mars 1998, les différences de pression se sont inversées au niveau des sites de Darwin et de Tahiti, témoignant des phases positive et négative d'El Niño. Sur un plus long terme, à savoir sur les 30 dernières années, les mesures de température de surface dans l'est du Pacifique équatorial permettent d'illustrer le comportement du paramètre température de surface pendant et en dehors des événements El Niño.



Différentes régions du Pacifique tropical. Écarts de température par rapport à une situation moyenne.© Cnes.

Pour étudier plus finement le phénomène El Niño, les scientifiques ont pour habitude de scinder le Pacifique tropical en plusieurs « boîtes ». Les courbes présentées fournissent les écarts de température par rapport à une situation moyenne, en fonction du temps. Entre 1997 et 1998, on constate un excès de température au voisinage direct des côtes péruviennes et équatoriennes, qui est de l'ordre de 4 à 5 degrés Celsius. Ce qui fait du phénomène, se déroulant sur cette période, le plus intense du siècle dernier.

En comparant le Pacifique central et le Pacifique occidental, il est possible de percevoir un réchauffement de la surface des eaux du Pacifique central en 1997 et en 1998. Ce réchauffement de la surface de l'océan est nettement inférieur, pour ce qui concerne la partie occidentale du Pacifique.

Interprétation des résultats

La zone occidentale du Pacifique est un réservoir d'eaux chaudes possédant une température d'environ 4 à 5 degrés Celsius de plus que la zone orientale. Dans des conditions usuelles (moyennes), la profondeur à laquelle les eaux sont à 25 degrés Celsius dans l'océan Pacifique est beaucoup plus importante à l'ouest qu'à l'est. La ligne d'égale température (25 °C) qui traverse l'océan est appelée « thermocline » : elle est donc profonde à l'ouest et rejoint la surface à l'est, dans des conditions normales. Il est possible d'y associer des effets météorologiques : alors que les alizés soufflent régulièrement dans le Pacifique est, maintenant les eaux de surface chaudes à l'ouest, la présence d'un réservoir d'eaux chaudes est propice aux phénomènes d'évaporation et donc aux précipitations.

Que se passe-t-il en période El Niño ? Essentiellement, les alizés, qui soufflent régulièrement d'est en ouest, faiblissent. L'affaiblissement des alizés libère les eaux chaudes, lesquelles peuvent désormais circuler vers l'est. Ces eaux chaudes ont donc une emprise sur l'ensemble du Pacifique tropical et, bien entendu, les cellules de convection et de précipitation se développent à l'est. De la même manière, la réaction sur toute la tranche d'eau consiste en un accroissement de l'épaisseur d'eaux chaudes à l'est et en une diminution de l'épaisseur d'eaux chaudes à l'ouest. Ce phénomène est aussi appelé « basculement de la thermocline ».

Par ailleurs, vous avez certainement entendu parler du phénomène La Niña. En fait, ce phénomène est « l'inverse » d'El Niño : la cellule d'eau chaude (29 °C) se confine encore plus vers le Pacifique occidental. L'évaporation et, par conséquent, les précipitations se limitent donc à cette zone. De même, on assiste à un nouveau basculement de la thermocline : elle s'approfondit à l'ouest de l'océan et se relève à l'est. L'atmosphère, contrairement à l'océan, n'est contrainte par aucune barrière l'empêchant de circuler. On comprend pourquoi un phénomène de type El Niño peut avoir des impacts sur la zone voisine de l'océan Indien et, plus largement, pourquoi l'on étudie aujourd'hui les mécanismes de téléconnexion qui permettent d'expliquer les conséquences d'un tel phénomène à l'échelle de toute la planète.

Moyens d'observation

Instruments de mesure *in situ*

Depuis le programme Toga au début des années quatre-vingt, un réseau d'observation a été mis en place dans toute la bande pacifique tropicale, avec cinq catégories d'instruments :
- des bouées ancrées ;
- des marégraphes qui mesurent le niveau de la mer ;
- des stations effectuant des relais satellites, utilisant le système Argos ;
- des bouées dérivantes, qui donnent un témoignage des courants marins de surface ;
- des bateaux marchands, avec lesquels les unions scientifiques internationales passent des accords, leur permettant de disposer de mesures de température et de courants le long de leurs trajets.

Ce réseau est pérenne. En Nouvelle-Calédonie, des scientifiques de l'Institut de recherche et développement participent à la collecte des données de ce réseau dont les mesures sont disponibles pour la communauté scientifique internationale.

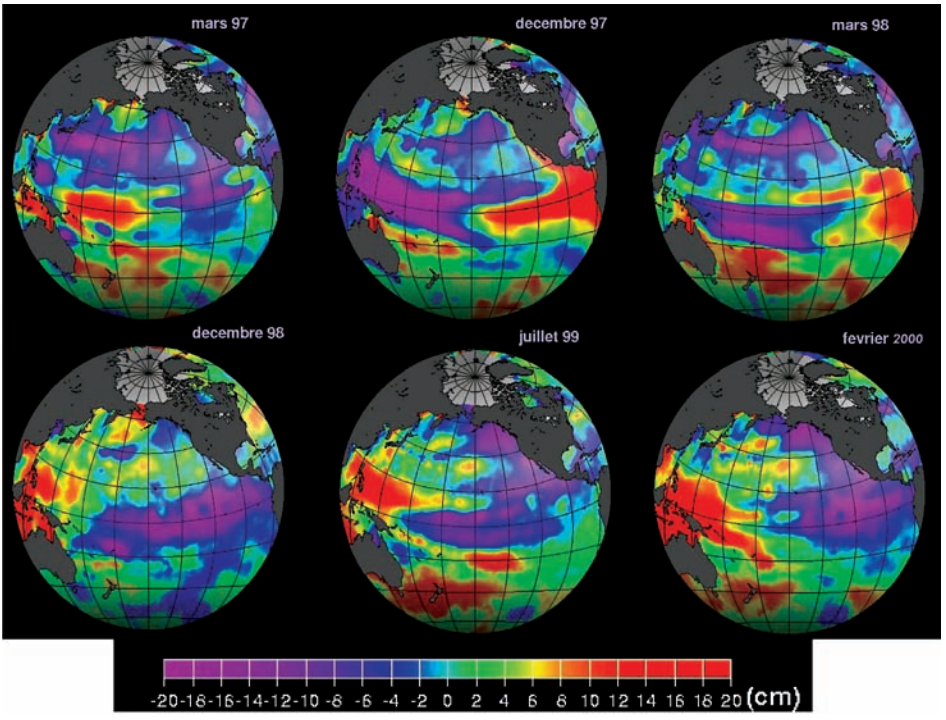
Instruments de mesure spatiaux

Les mesures *in situ* des températures de surface que nous avons commentées auparavant peuvent aussi être réalisées grâce à des imageurs infrarouges embarqués sur satellite, permettant d'acquérir des mesures à l'échelle globale de manière quotidienne. L'altimétrie fournit aussi une mesure de topographie de surface de l'océan qui est un témoin essentiel de la dynamique de l'océan, et en particulier de phénomènes océaniques qui, tels El Niño, ont un impact sur le climat. Cette mesure est le résultat de la combinaison de mesures de divers instruments : un radar altimètre mesurant la distance entre la surface de la mer et le satellite, un ou plusieurs systèmes de poursuite du satellite (le système français Doris ou américain GPS) permettant de calculer l'orbite du satellite, c'est-à-dire sa position par rapport à une référence mathématique bien connue approchant la forme de la Terre, un radiomètre permettant la mesure du contenu en vapeur d'eau de l'atmosphère qui perturbe le trajet des ondes électromagnétiques telles que celles émises par un radar altimètre.

En 1992, nous avons lancé le satellite Topex-Poséidon. Au mois de décembre 2001, c'est le satellite Jason qui a été lancé pour prendre peu à peu la relève de son prédécesseur. Grâce aux mesures altimétriques de topographie de la surface de la mer effectuées par Topex-Poséidon entre mars 1997 et février 2000, nous avons pu dresser une série de cartes qui a permis, pour la première fois, de suivre la totalité d'un cycle El Niño - La Niña très intense. La surélévation de plus de 20 centimètres au-dessus du niveau de la mer auprès des côtes péruviennes et équatoriennes entre novembre 1997 et mars 1998 (par rapport à une situation moyenne pluriannuelle) est suivie par une dépression de la surface océanique de fin 1998 à février 2000, période pendant laquelle s'étend le phénomène La Niña. Il faut donc garder en tête que l'océan Pacifique n'a pas eu son comportement « usuel » pendant plus de 2 ans !

C'est la complémentarité des moyens *in situ*, comme les mouillages de Toga, et des mesures spatiales qui permet à un modèle numérique simulant le comportement physique de l'océan de comprendre les mécanismes des phénomènes et, à terme, de prévoir l'évolution dans le temps de l'état de l'océan, de même que l'on fait des prévisions météorologiques.

On constate les effets de réchauffement liés au phénomène El Niño. Ce phénomène a culminé en décembre 1997.



El Niño et La Niña (1997-2000) vus par Topex-Poséidon. © Cnes.

Conséquences du phénomène El Niño

Conséquences climatiques

Les conséquences d'El Niño sont avant tout climatiques. Si on s'intéresse à une période d'hiver dans l'hémisphère nord, El Niño provoque des phénomènes de chaleur intense et de sécheresse dans des régions telles que le Nord-Ouest américain, l'Indonésie et la Papouasie-Nouvelle-Guinée, ou le Zimbabwe et l'Afrique du Sud, par exemple. *A contrario*, on peut avoir des précipitations excessives dans d'autres régions d'Amérique du Nord (sud du continent), des îles du Pacifique (îles Cook, Polynésie), d'Amérique du Sud ou même d'Afrique (Kenya, Ouganda). Ces précipitations, soit excessives, soit raréfiées, ont par exemple des impacts non négligeables sur l'agriculture.

Dans certaines régions du Pacifique central ou subtropical Est, l'augmentation de la fréquence des cyclones peut être corrélée à la présence d'un phénomène El Niño ; cependant une telle corrélation ne peut être évoquée en ce qui concerne la multiplication des cyclones à laquelle nous assistons actuellement dans l'océan Atlantique et plus particulièrement dans le golfe du Mexique.

Conséquences socioéconomiques

La vision actuellement donnée par les médias est trompeuse, en ce qu'elle est extrêmement et quasi uniquement négative. Si l'on s'intéresse aux conséquences socioéconomiques des perturbations engendrées par El Niño, il convient de dresser un bilan des coûts et des bénéfices des anomalies climatiques.

En effet, le phénomène El Niño peut engendrer un certain nombre d'effets positifs. Par exemple, sur les côtes de l'Amérique du Sud, la végétation et donc l'agriculture sont favorisées par la douceur de climat apportée par El Niño. De même, la région des Philippines et de la Nouvelle-Guinée peut bénéficier d'une diminution de l'activité cyclonique. De même, l'agriculture peut être favorisée en Amérique du Nord. Or, d'une part, les compagnies d'assurance ne sont pas comptables de ces avantages et ne prennent en compte que les aspects catastrophiques, et d'autre part, les populations qui subissent les aspects négatifs d'El Niño ne bénéficient généralement pas des retombées positives. Il est donc important de relativiser les informations véhiculées par les médias.

De plus, les bilans ne prennent en compte que les coûts de remplacement, qui sont importants dans les pays industrialisés, mais faibles dans les pays en voie de développement, comme en Afrique, ils ne reflètent donc pas la totalité et le réalisme des préjudices.

En 1997, le bilan d'El Niño s'est élevé à 22 000 morts, 540 000 personnes atteintes de maladies, 5 millions de personnes déplacées et de sans-abri, 22 millions d'hectares détruits et un total de 34 milliards de dollars de dégât matériel. Mais, alors que le coût des préjudices est naturellement élevé en zone industrialisée, l'impact négatif en termes strictement humains est essentiellement concentré sur les pays en voie de développement dont les structures économiques et sociales ne permettent pas aux populations de disposer des mécanismes de prévention et de précaution nécessaires.

Échanges avec la salle

De la salle : El Niño peut-il être considéré comme un jeu entre les alizés et les températures ?

Patrick Vincent : Les effets du phénomène El Niño apparaissent en conjonction avec l'affaiblissement ou l'arrêt des alizés. L'eau chaude confinée dans la zone de la Nouvelle-Guinée a alors la possibilité de se transporter vers l'est. Mais l'affaiblissement des alizés n'est peut-être pas la seule cause de mise en marche d'un événement El Niño ? Pour

l'analyse et l'explication des mécanismes qui favorisent l'apparition de phénomènes El Niño, la recherche suit son cours.

De la salle : D'un point de vue pratique, serait-il envisageable de fournir aux enseignants des mesures sur un certain nombre de cycles, à partir desquelles nous pourrions travailler avec les élèves ?

Patrick Vincent : Oui, nous avons effectué un travail de production de grilles de mesures permettant aux élèves de cartographier la hauteur de la surface de la mer en un point et un instant donnés. Des mesures acquises le long des traces des satellites peuvent aussi être mises à disposition des enseignants.

Marc Rosenzweig : Certes, les enseignants ont besoin d'une source de données brutes. Toutefois, ces données doivent avoir été travaillées *a minima*, au risque d'être inexploitables pour les enseignants et les élèves.

Patrick Vincent : Les deux types d'information sont utiles, dans la mesure où les enseignants en font un usage différent, selon les matières qu'ils enseignent.