

El Niño et la rotation de la Terre

RODRIGO ABARCA DEL RIO • DANIEL GAMBIS • DAVID SALSTEIN • BORIS DEWITTE

El Niño est un phénomène climatique qui se déclenche tous les deux à sept ans. Il naît dans le Pacifique tropical, mais modifie la circulation atmosphérique à l'échelle planétaire et même la vitesse de rotation de la Terre, que l'on étudie pour essayer de le prévoir.

Les conquistadores furent les premiers à rapporter l'existence du phénomène El Niño, il y a quatre siècles, sous le nom de «El Año de abundancia» (l'année de l'abondance). On dit même qu'El Niño aurait facilité la victoire de l'Espagnol Francisco Pizarro sur l'empire des Incas, en 1532, rendant le désert péruvien plus hospitalier pour son armée. El Niño, qui signifie «l'enfant Jésus» en espagnol, est synonyme de richesses : c'est un courant chaud qui coule dans le Pacifique le long de la côte Sud-américaine au moment de Noël, apportant avec lui des poissons exotiques et des pluies torrentielles (l'évaporation des eaux de surface s'intensifie et l'air se charge d'une humidité qui se condense et retombe sous forme de précipitations sur le continent) : une végétation florissante envahit des zones habituellement désertiques.

Aujourd'hui, on sait qu'El Niño se déclenche tous les deux à sept ans dans l'océan Pacifique tropical et qu'il modifie la circulation atmosphérique à l'échelle mondiale. Ses répercussions se font sentir aussi bien en Afrique, où il apporte la sécheresse à l'Ouest et d'abondantes précipitations à l'Est, qu'en Asie, où il perturbe le cycle de la mousson : en Inde, les précipitations diminuent en été. Les récoltes s'en ressentent, causant

de grandes famines, telle celle de 1900 qui tua plus de 450 000 personnes. Les conséquences socio-économiques d'El Niño sont si importantes que sa prévision est l'un des principaux enjeux de la climatologie. Les approches classiques semblent pour l'instant impuissantes à résoudre ce problème, mais l'étude de l'influence du phénomène El Niño sur la vitesse de rotation de la Terre est prometteuse. En mesurant la «longueur du jour» (la période de rotation de la Terre, inversement proportionnelle à sa vitesse), on constate qu'elle est maximale lors des événements El Niño. En combinant ces données, qui relèvent de la géodésie, avec celles de la météorologie et de la climatologie, on comprendra peut-être mieux le système Terre-atmosphère-océan, ce qui permettra de prévoir les épisodes El Niño.

El Niño commence dans l'océan

Le phénomène El Niño prend naissance dans le Pacifique tropical et il modifie aussi la circulation atmosphérique, à cause des interactions existant entre l'océan et l'atmosphère : la température des eaux de surface détermine l'intensité de l'évaporation (et l'humidité de l'air ou encore sa densité), dont

dépend la pression atmosphérique locale. Quand des différences de pression suffisantes engendrent des vents qui repoussent les eaux de surface par friction, les eaux profondes plus froides remontent. La température des eaux de surface diminue, et ces variations ont à leur tour des répercussions sur l'atmosphère, les déplacements des masses d'air, d'eau... Après avoir longtemps considéré l'océan comme un élément passif, les climatologues ont pris conscience de ce «couplage océan-atmosphère» et du rôle déterminant qu'il joue dans l'évolution du climat. Il est plus marqué dans les régions tropicales où la température de l'océan, chauffé par le Soleil, dépasse 28,5°C en surface : l'évaporation intense donne naissance à des pressions plus élevées que la normale en altitude et à des vents puissants qui agissent à leur tour sur l'océan. L'océan Pacifique est le plus vaste des océans tropicaux et le plus impliqué dans l'évolution du climat. Il est le berceau d'El Niño, à l'origine des plus grandes variations naturelles du système climatique.

Quelle est la cause d'un événement El Niño ? Dans les conditions normales (voir la figure 1, en haut), la température de surface de l'océan Pacifique dépend de la position de la thermocline, c'est-

à-dire de la frontière qui sépare les eaux chaudes, en surface, des eaux plus froides, en profondeur. Plus la thermocline est profonde, plus les eaux en surface sont chaudes. Dans le Pacifique Est, elle se situe de 50 à 80 mètres de la surface environ, alors que, dans le Pacifique Ouest, elle atteint 150 à 200 mètres de profondeur. Les vents parallèles à la côte Sud-américaine, notamment le long du Pérou, repoussent les eaux chaudes de surface, ce qui fait remonter les eaux froides, donc la thermocline. En se rapprochant de l'équateur, ces vents obliquent vers l'Ouest sous l'effet de la force de Coriolis, liée à la rotation de la Terre. Ils deviennent alors des alizés, vents d'Est dominants sous les tropiques. Les alizés poussent les eaux de surface vers l'Indonésie, de sorte que la surface de l'océan Pacifique est en pente vers l'Est (le dénivelé qu'ils induisent est de 80 centimètres environ entre l'Indonésie et l'Amérique du Sud). En revanche, la thermocline s'enfonce à l'Ouest et remonte à l'Est.

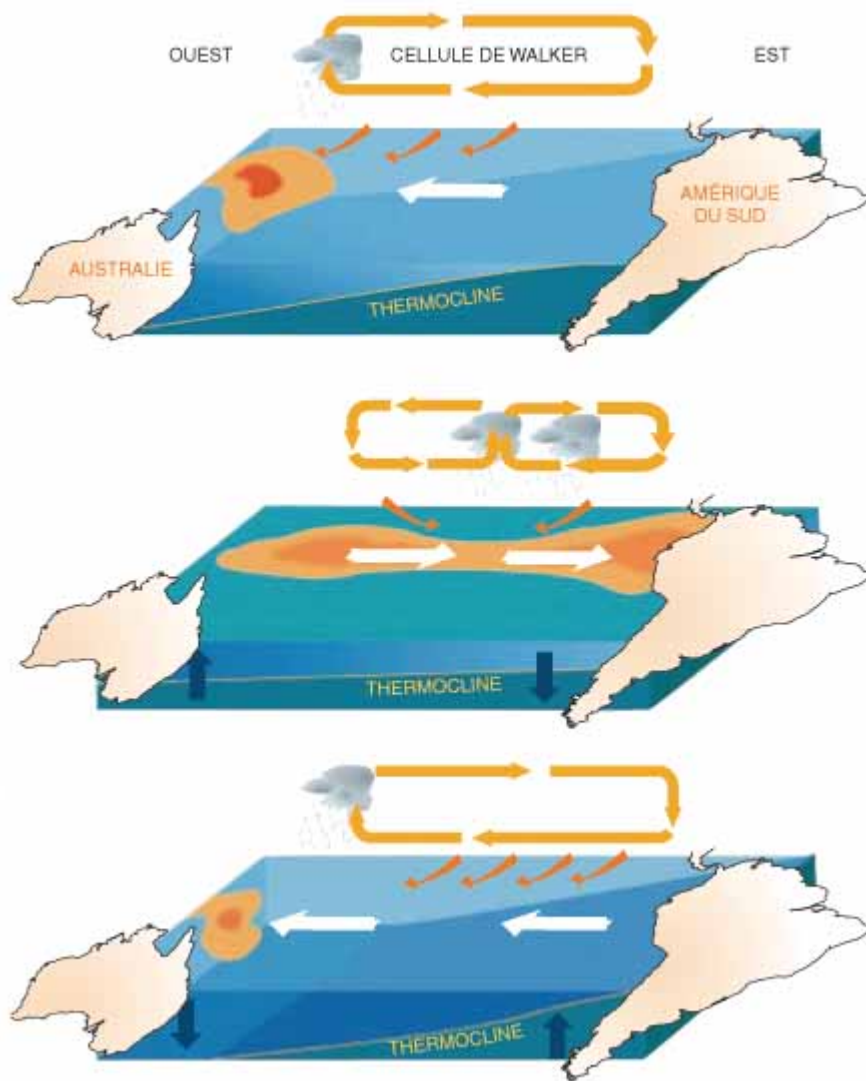
Un phénomène El Niño apparaît quand les alizés faiblissent et que la poussée qu'ils exercent sur la surface de l'océan n'est plus assez forte pour contrebalancer le poids des eaux accumulées à l'Ouest. Celles-ci se déversent vers l'Est, en une onde océanique dite de Kelvin, qui met environ deux mois à traverser l'océan Pacifique et à atteindre les côtes Sud-américaines. Ce reflux des eaux de surface vers l'Est entraîne l'abaissement de la thermocline à l'Est et sa remontée à l'Ouest, de sorte qu'elle se rapproche de l'horizontale (voir la figure 1, au milieu). Les eaux de surface, relativement froides à l'Est, se réchauffent, ce qui est caractéristique des événements El Niño.

Gilbert Walker, un météorologiste britannique envoyé en Inde en 1924 pour y étudier les moussons, fut le premier à remarquer cette modification de la circulation atmosphérique, qui s'étale sur plusieurs années. Il constata que lorsque la pression atmosphérique est supérieure à la normale dans le Pacifique tropical Ouest, elle diminue dans le Pacifique tropical central et que cette différence de pression est proportionnelle à l'intensité des phénomènes El Niño. Aujourd'hui, on utilise l'indice de l'oscillation australe (voir la figure 5), défini comme la différence de pression atmosphérique entre Tahiti, dans le Pacifique cen-

tral, et Darwin, en Australie. Les alizés soufflant des régions de fortes pressions vers les régions de basses pressions, cet indice mesure leur force. Ainsi une valeur négative de l'indice de l'oscillation australe correspond à une pression plus élevée que la normale dans le Pacifique Ouest, à un affaiblissement des alizés et à l'apparition d'un événement El Niño.

El Niño modifie la circulation atmosphérique

Comment un événement El Niño modifie-t-il la circulation atmosphérique ? Dans le Pacifique, les vents parcourent une boucle, nommée « cellule de Walker ». Elle est constituée en surface par les alizés (créés par la différence de pression entre l'Est et l'Ouest) et en altitude



1. DANS LE PACIFIQUE, les événements El Niño et La Niña modifient le système océan-atmosphère, agissant sur la thermocline (la frontière qui sépare les eaux chaudes, en surface, des eaux plus froides, en profondeur) et la cellule de Walker (la boucle formée par les alizés, qui circulent d'Est en Ouest à basse altitude, et les vents qui circulent en sens inverse à haute altitude). Dans les conditions normales (*en haut*), les alizés poussent les eaux chaudes de surface qui s'accumulent à l'Ouest, où les eaux froides s'enfoncent, abaissant la thermocline. Au-dessus des eaux chaudes de l'Ouest du Pacifique, l'air monte, diminue la pression en surface et augmente la pression en altitude, tandis qu'au-dessus des eaux froides de l'Est du Pacifique, la pression augmente en surface et diminue en altitude. Les vents se propagent des hautes vers les basses pressions (selon les flèches oranges). Lors d'un événement El Niño (*au milieu*), les alizés faiblissent et les eaux chaudes accumulées à l'Ouest se déversent vers l'Est (selon les flèches blanches), entraînant un réchauffement de la surface de l'océan au centre et à l'Est, l'abaissement de la thermocline à l'Est et sa remontée à l'Ouest, de sorte qu'elle se rapproche de l'horizontale. La cellule de Walker se déplace vers l'Est, suivant les eaux chaudes de surface, et se scinde parfois en deux. Lors d'un événement La Niña (*en bas*), les alizés se renforcent, déplaçant le réservoir d'eau chaude (selon les flèches blanches) plus à l'Ouest que dans les conditions normales, et entraînent la remontée des eaux froides et de la thermocline à l'Est.