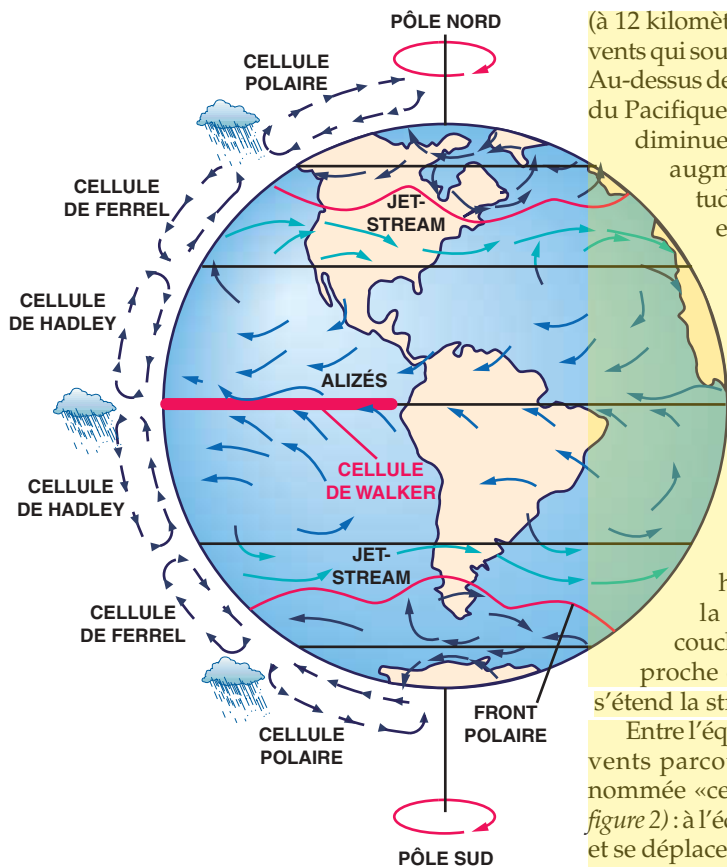




2. LES JET-STREAMS SUBTROPICAUX qui circulent parallèlement aux latitudes (selon les flèches vertes) alimentent les alizés, qui reviennent vers l'équateur (selon les flèches bleues), bouclant la cellule de Hadley. Ils alimentent aussi des vents qui se dirigent vers les pôles et qui font partie de la cellule de Ferrel. La circulation atmosphérique globale comprend plusieurs «cellules» ou boucles de vent juxtaposées. Lors d'un événement El Niño, qui modifie la cellule de Walker (parallèle à l'équateur) et la cellule de Hadley, les cellules voisines sont également modifiées, ainsi que leurs voisines... ce qui explique pourquoi El Niño a des répercussions sur l'ensemble du globe.

(à 12 kilomètres de la surface) par des vents qui soufflent dans le sens inverse. Au-dessus des eaux chaudes de l'Ouest du Pacifique, l'air chaud, en montant, 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. Pendant les événements El Niño, la cellule de Walker se déplace vers l'Est et se scinde parfois en deux (voir la figure 1, au milieu). Dans le Pacifique central, une zone de haute pression se crée dans la haute troposphère, la couche atmosphérique la plus proche de la surface (au-dessus s'étend la stratosphère).

Entre l'équateur et les tropiques, les vents parcourent une autre boucle, nommée «cellule de Hadley» (voir la figure 2) : à l'équateur, l'air chaud s'élève et se déplace vers les pôles (où la température et la pression sont moins élevées), mais la force de Coriolis les dévie de plus en plus vers l'Est, de sorte qu'ils deviennent parallèles aux cercles de latitude, formant les jet-streams subtropicaux, des courants rapides qui circulent dans la haute troposphère vers 12 kilomètres d'altitude (voir la figure 2). Pour compenser l'accumulation d'air due aux jet-streams, une partie de l'air de la haute troposphère redescend vers l'équateur, alimentant les alizés et bouclant la cellule de Hadley (l'autre par-

tie se dirige vers les pôles). Lors des événements El Niño, les jet-streams s'intensifient, car l'élévation de température du Pacifique central augmente la différence de pression entre l'équateur et les moyennes latitudes.

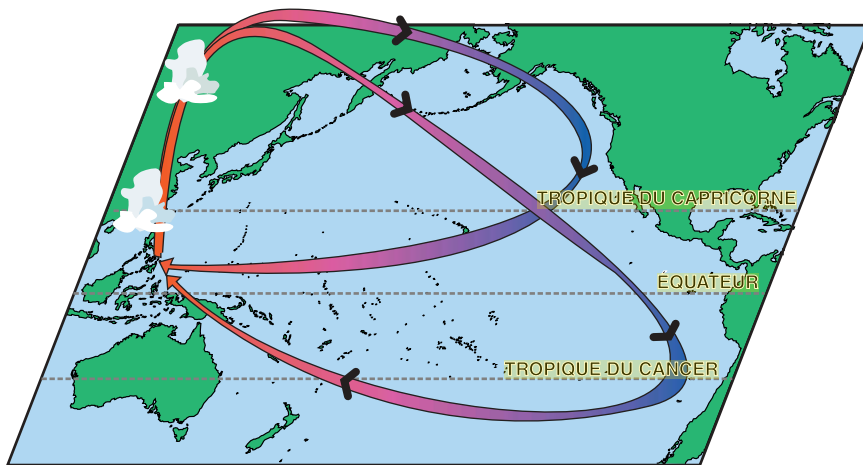
La modification des cellules de Walker et de Hadley perturbe l'ensemble du système climatique de la planète : d'autres cellules de Walker existent tout le long de l'équateur, de sorte que lorsque celle du Pacifique est modifiée, les autres le sont aussi. Il en va de même pour la cellule de Hadley, dont les modifications entraînent des changements dans d'autres cellules (la cellule de Ferrel et la cellule polaire) situées le long des méridiens (voir la figure 2).

Après un événement El Niño dans le Pacifique, on constate souvent que, dans les autres régions tropicales, la température des océans augmente d'un degré en moyenne, ce qui perturbe la circulation atmosphérique locale. Statistiquement, les événements El Niño s'accompagnent de pluies diluviennes sur le Sud du Brésil, sur le Paraguay et sur le Nord de l'Argentine, de tempêtes plus fréquentes dans le golfe du Mexique, de sécheresses en Afrique de l'Ouest, en Australie, en Indonésie, de moussons moins humides que la normale en Inde...

Après El Niño, La Niña

Le phénomène El Niño perturbe la circulation atmosphérique de l'ensemble de la planète. Les vents anormaux qu'il crée, par rapport à la circulation atmosphérique moyenne, agissent à leur tour sur l'océan en amplifiant El Niño ou en s'opposant à lui. Ils déclenchent parfois La Niña, c'est-à-dire un renforcement des alizés (correspondant à une valeur positive de l'indice de l'oscillation australe), qui déplace le réservoir d'eau chaude plus à l'Ouest que la position qu'il occupe dans les conditions normales, apportant des pluies abondantes sur l'Indonésie. La remontée des eaux froides à l'Est provoque alors des sécheresses sur les côtes Ouest Sud-américaines (voir la figure 1, en bas).

La survenue de La Niña dépend de la réflexion des ondes océaniques sur les côtes indonésiennes ou Sud-Américaines. Si les ondes de Kelvin ont assez d'énergie lorsqu'elles atteignent les côtes de l'Équateur, elles se réfléchissent en ondes dite de Rossby, qui se propagent vers l'Ouest, mais plus lentement que les ondes de Kelvin. Les ondes de Rossby



3. LA CIRCULATION ATMOSPHÉRIQUE TROPICALE est une combinaison de la cellule de Walker et de la cellule de Hadley : l'air chaud qui s'élève au dessus du Pacifique Ouest, au lieu de se répartir en sens inverse vers l'Est pour boucler la cellule de Walker, a tendance à se diriger vers les tropiques et à intégrer la cellule de Hadley. Ainsi, des changements dans la cellule de Walker initient des changements dans la cellule de Hadley.

peuvent aussi être créées par la poussée des vents d'Est. Elles se réfléchissent à leur tour sur les côtes indonésiennes en ondes de Kelvin. On obtient ainsi une combinaison d'ondes en phase ou en opposition de phase, selon leur vitesse de propagation et le pouvoir réflecteur des côtes. Cette combinaison détermine les variations de température de surface de l'océan. Par couplage, l'atmosphère tropicale réagit à ces variations océaniques, et, ce faisant, en provoque de nouvelles. On comprend ainsi pourquoi, une fois qu'El Niño s'est déclenché, il n'est pas toujours suivi de La Niña : ces événements dépendent de l'inertie du système oscillant formé par l'atmosphère et par l'océan. On comprend éga-

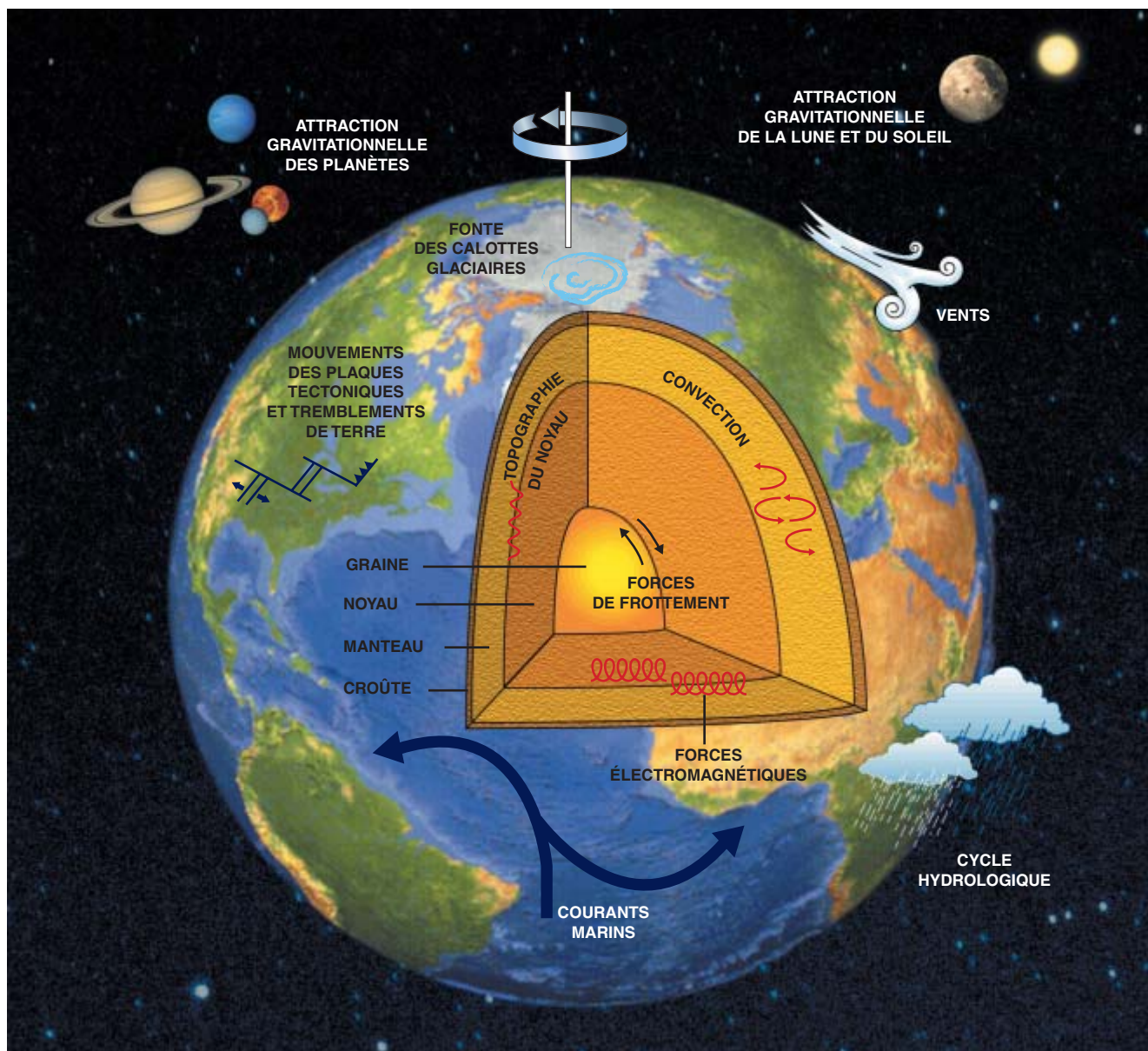
lement comment El Niño agit sur l'atmosphère à des échelles de temps qui vont de quelques mois à la décennie.

La rotation de la Terre et l'atmosphère

Dans ce système oscillant, les facteurs à prendre en compte et les interactions sont si nombreuses qu'aujourd'hui les climatologues essaient une nouvelle approche plus globale : ils s'intéressent à la vitesse de rotation de la Terre, dont on a découvert qu'elle diminue et passe par des minimums à chaque événement El Niño.

La Terre ne tourne pas toujours à la même vitesse. Au début du XVII^e

siècle, Kepler est le premier à soupçonner que sa rotation n'est pas uniforme (il fait allusion à cette possibilité dans divers passages de son œuvre), suivi par Newton, qui écrit : « Il est possible qu'il n'existe aucun mouvement uniforme par lequel le temps puisse être mesuré avec précision. » Edmund Halley, son contemporain et le découvreur de la comète qui porte son nom, remarque que la Lune est en avance par rapport à la position qu'elle devrait avoir selon les calculs de Ptolémée et selon ceux des Arabes, datant du IX^e siècle. Au XVIII^e siècle, Emmanuel Kant parle des marées et André Lalande de la circulation atmosphérique pour expliquer les variations de la longueur du



4. LA ROTATION DE LA TERRE n'est pas uniforme. Plusieurs phénomènes la font varier : l'attraction gravitationnelle de la Lune, du Soleil et des planètes, la circulation atmosphérique et océanique, le cycle

hydrologique et les phénomènes géophysiques internes (liés à la topographie, la convection et les forces électromagnétiques entre le manteau et le noyau).