



The Geosphere Project/Tom Van Sant, Inc.

2. L'HIMALAYA ET LE PLATEAU TIBÉTAÏN sont visibles, sur cette photographie prise par satellite, comme une vaste étendue blanche au Nord et à l'Est de l'Inde. La chaîne de l'Himalaya – les rides au Sud de la zone blanche – résulte de la collision continentale qui a commencé il y a 50 millions d'années, lorsque la plaque indienne a heurté la plaque asiatique.

précipitations et, donc, une érosion accrue sur la pente la plus exposée. Inversement, ce mécanisme d'«orographie» crée des déserts derrière de nombreux massifs montagneux. L'altitude détermine également l'érosion, parce qu'elle abaisse la température moyenne : les sommets les plus élevés sont moins protégés par la végétation et plus exposés à l'érosion des glaciers. Dans les régions tempérées, la vitesse de l'érosion est proportionnelle à la pente moyenne de la topographie, car celle-ci augmente les glissements de roches et le ruissellement des eaux. Au total, les montagnes modifieraient leur propre climat à mesure qu'elles s'érigent.

Pour comprendre le comportement d'un système aussi complexe qu'une chaîne de montagnes, on doit donc recenser les facteurs d'érosion et comprendre leurs interactions. En raison de celles-ci, des phénomènes assez simples conduisent à des effets d'une complexité surprenante. Des effets de rétroaction, stabilisateurs ou catastrophiques, peuvent survenir entre les différents phénomènes. Considérons, par exemple, la variation d'altitude d'un massif montagneux en fonction de son érosion. Lorsque l'altitude croît, l'intensité de l'érosion augmente, ce qui ralentit cette croissance. Comme cette rétroaction s'oppose à l'effet qui la produit, on la nomme rétroaction négative. À l'inverse, une rétroaction positive amplifie toute

variation du système : la raréfaction des précipitations derrière une montagne est un exemple de rétroaction positive ; l'érosion étant réduite, la montagne peut croître plus rapidement. Au Nord de l'Himalaya, une telle raréfaction des précipitations a contribué à la formation du haut plateau tibétain (voir l'encadré de la page 82).

Ce concept de rétroaction est au cœur des nouvelles théories qui expliquent la croissance des chaînes de montagnes et son impact sur l'ensemble de notre planète. De nombreux types d'interactions ont été identifiés ou imaginés. Déjà les études ont montré comment, par ces interactions, les mécanismes de surface comme le climat ou l'érosion influenceraient les phénomènes tectoniques profonds (et réciproquement).

L'isostasie, une question d'équilibre

L'une des rétroactions importantes fait intervenir le phénomène d'isostasie, qui résulte de la différence de densité de la croûte terrestre et du manteau : la croûte, moins dense que le manteau, flotte sur celui-ci. Si un massif montagneux reste en altitude, c'est que la croûte est rigide et que le manteau exerce une poussée verticale d'Archimède. Comme les icebergs, les sommets de chaque chaîne de montagnes

ont des racines qui s'enfoncent dans le manteau. Dans le cas des icebergs, la densité de la glace est environ 90 pour cent de celle de l'eau, de sorte que la partie de l'iceberg située au-dessus de la surface de l'eau est soutenue par une quantité de glace immergée d'un volume neuf fois supérieur. Dans le cas de la croûte continentale, la densité est 80 à 85 pour cent de celle du manteau sous-jacent, ce qui explique la présence de racines de plusieurs dizaines de kilomètres d'épaisseur pour des montagnes de plusieurs kilomètres d'altitude. Cet équilibre des montagnes sur le manteau est qualifié d'isostatique.

L'isostasie est le mécanisme clef qui relie la tectonique (l'évolution interne d'une montagne) à l'altitude de la chaîne (son évolution externe). Lorsque l'érosion enlève de la matière en surface, la réaction isostatique soulève l'ensemble du massif et ramène en altitude jusqu'à 80 pour cent de la masse érodée. Ce soulèvement explique de nombreux phénomènes qui étonnaient naguère les géophysiciens.

Ainsi, des relevés détaillés de la côte Est des États-Unis avaient montré des vitesses de soulèvement de quelques millimètres à quelques centimètres par siècle. C'était étonnant, car les Appalaches se trouvent à l'intérieur de la plaque nord-américaine, où aucune convergence de plaques ne pouvait expliquer une telle remontée. Après avoir mis en doute les mesures de soulèvement, les géophysiciens reconnaissent aujourd'hui que certaines d'entre elles résulteraient de la réponse isostatique à l'érosion, tout particulièrement dans les régions les plus hautes des Appalaches. L'érosion qui se produit dans le lit des rivières est particulièrement importante, car elle peut engendrer des altitudes supérieures aux altitudes initiales des sommets : la matière éliminée dans les vallées produit un soulèvement de l'ensemble du massif montagneux, sommets et vallées compris.

Bien que l'isostasie puisse maintenir la hauteur des montagnes pendant des millions d'années, celles qui ne bénéficient plus d'apports tectoniques finissent par s'éroder. De grandes parties de l'Australie, par exemple, sont de vieux massifs aplanis : ces régions tectoniquement calmes depuis des centaines de millions d'années s'élèvent à quelques centaines de mètres au-dessus du niveau de la mer. L'évolution de l'altitude est conforme à ce que l'on prévoit quand