

à la surface de l'océan ne se condense pas en altitude au-dessus du continent, où il ne pleut que tous les dix ans en moyenne. L'humidité descend toutefois sur le sol du désert pendant la nuit, ce qui favorise, par capillarité, la concentration du salpêtre en surface. Les traces des failles sont donc particulièrement visibles. En outre, des coulées de boue, issues des rares pluies de la région, couvrent les failles et sont coupées à leur tour lors des séismes ultérieurs : elles permettent la reconstitution des mouvements de l'écorce terrestre autour des failles et l'établissement de leur chronologie relative.

Les orientations de ces failles et les mouvements des blocs de part et d'autre indiquent que l'écorce terrestre est en extension dans la direction Est-Ouest. La plupart des failles, parallèles à la faille principale, sont, comme elle, normales. En outre, les failles dont la direction est légèrement décalée vers le Nord-Ouest ou vers le Nord-Est sont le siège de mouvements latéraux en plus de l'extension normale : le bloc Est se déplace légèrement vers le Sud dans le premier cas, légèrement vers le Nord dans le second (voir la figure 3). Nous verrons que cette zone d'extension, qui est un trait majeur en surface, n'est, malgré son ampleur, qu'une conséquence de l'activité sismique qui naît en profondeur à l'interface de subduction.

Une auréole sismique

Nous avons, depuis 1990, enregistré la sismicité régionale. Des séismes, dont aucun ne dépasse une magnitude de 7,5, se produisent fréquemment. Leurs épicentres, projection en surface de leur foyer d'origine, sont distribués en auréole autour de la région du séisme de 1877 (voir la figure 5). Plus remarquable encore est la concentration des séismes de magnitude voisine de sept dans cette auréole : ils résultent de l'accumulation des contraintes autour de la région qui doit rompre dans les années à venir.

Tous ces petits séismes sont les conséquences de ruptures à l'interface de subduction. La localisation précise de leurs hypocentres (foyers d'origine) nous a donc permis de dessiner cette interface (voir la figure 6). Elle plonge sous le continent, de la fosse océanique au front volcanique qui surplombe le désert d'Atacama, à 250 kilomètres de la côte. En profondeur, à l'aplomb de ce front

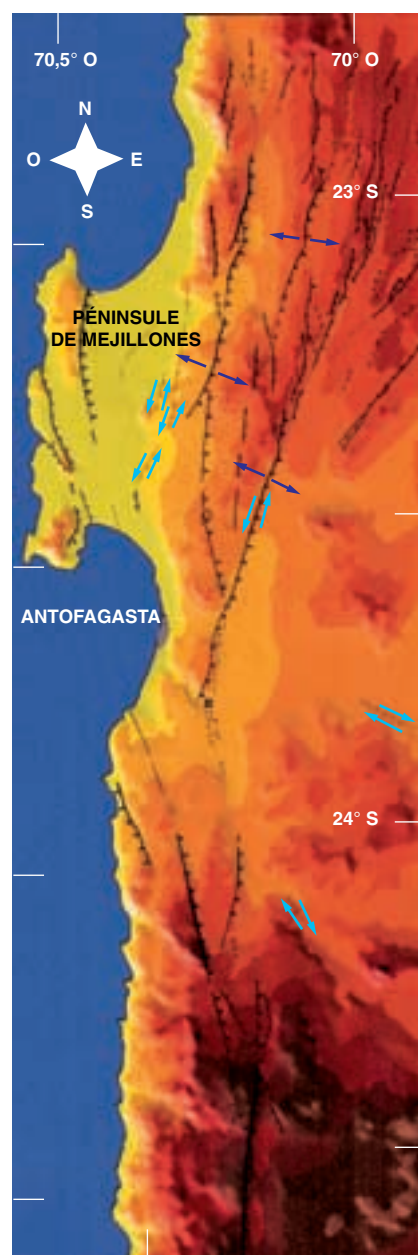
volcanique, l'activité sismique diminue : les conditions de pression et de température, aux profondeurs supérieures à 150 kilomètres atteintes par l'interface de subduction à cet endroit, entraînent l'amollissement et la fusion partielle des roches de la croûte océanique. Les composantes de la lithosphère se séparent : les moins denses remontent et sont éjectées dans des volcans.

Nos enregistrements nous indiquent aussi la répartition des forces le long de l'interface de subduction. Nous avons en effet calculé les orientations des plans de faille et les mouvements relatifs des blocs de part et d'autre de ces plans pour les séismes enregistrés par notre réseau entre 1990 et 1994. Aux profondeurs inférieures à 50 kilomètres, tous les séismes sont associés à des mouvements de compression. Aux profondeurs supérieures, les séismes sont associés à des mouvements d'extension. Nous en déduisons que la subduction est bloquée, parce que la friction y est trop forte, sur la portion de l'interface comprise entre la surface et 50 kilomètres de profondeur. En dehors de cette zone bloquée, la plaque océanique continue son mouvement : elle est comprimée au-dessus et elle est étirée au-dessous.

La profondeur de 50 kilomètres est de l'ordre de grandeur de l'épaisseur de la croûte continentale, couche supérieure de la lithosphère continentale : cette croûte bloque la plaque océanique et l'empêche de plonger librement dans le manteau terrestre. Le manteau lithosphérique, couche inférieure de la plaque continentale, n'intervient pas dans le blocage (voir la figure 4).

La zone de friction bloquée avant 1995 était située exactement au contact entre la plaque océanique et la croûte continentale. Cette observation, faite entre 1990 et 1994, a été confirmée par nos mesures lors du séisme de 1995.

3. LES FAILLES DU SYSTÈME D'ATACAMA, ici autour d'Antofagasta au Chili (en haut), sont toutes le siège de mouvements d'extension de l'écorce terrestre (flèches bleu foncé) et, pour certaines, de glissements latéraux (flèches bleu clair). La combinaison de tous ces mouvements est une extension globale Est-Ouest. Ces failles et les mouvements liés aux séismes anciens sont bien visibles à la surface du désert aride d'Atacama. Des coulées de boue d'une centaine de mètres de large (zones sombres sur la vue d'avion) qui coupent les failles (en haut à droite) et sont coupées par elles (en bas à gauche), indiquent la chronologie relative et le sens des déplacements du terrain.



A. Cisternas - PLS