

quand du méthane gazeux s'accumule sous une couche de sédiments que l'hydrate a cimentée. Cependant, les navires de forage recueillaient rarement l'hydrate dans les échantillons prélevés ; on n'observait sa présence qu'indirectement, par une concentration élevée en méthane gazeux et par une diminution de la concentration en ions chlorure dans l'eau interstitielle.

Pour que de l'hydrate de méthane se forme dans l'océan, quatre conditions doivent être réunies : du méthane doit être présent (il est généralement formé par décomposition de matière organique) ; la concentration en gaz doit être supérieure à la concentration maximale du gaz dissous ; la température doit être très peu inférieure à la température de congélation ; et la pression doit être de l'ordre de celle qui s'exerce à 500 mètres de profondeur.

Ces quatre conditions sont souvent réunies sur les talus continentaux, où le fond océanique plonge d'un plateau peu profond vers une plaine abyssale. Dans la plupart des bassins océaniques, ces talus portent une couche d'hydrate de méthane, qui s'enfonce, sous le fond de l'océan, jusqu'à plusieurs centaines de mètres dans le sédiment. À sa base, cette couche est fondue par la chaleur provenant de l'intérieur du Globe, et le méthane gazeux s'accumule. Quand des sédiments se déposent, la position de la poche d'hydrate de méthane migre, parce que les parties inférieures fondent ; la couche d'hydrate monte à travers les couches de sédiments nouvellement déposés, laissant des traces de son passage.

Loin des talus continentaux, on trouve rarement de l'hydrate de méthane, parce que la matière organique qui engendrerait du méthane s'y dépose peu. De même, on trouve peu d'hydrates sur les plateaux continentaux, parce que la profondeur est faible : la pression est insuffisante et la température excessive. On connaît des exceptions : des hydrates de gaz sont présents dans des eaux peu profondes des régions polaires, parce que la pression relativement

faible est compensée par des températures très basses, et dans quelques mers très profondes où se déposent en abondance des sédiments riches en matière organique.

Les océanographes cherchent de l'hydrate de méthane dans toutes ces régions océaniques. La zone de subduction Cascadia, au large de l'Oregon, semble être un site particulièrement propice : par endroits, le plancher océanique y est pavé d'hydrates. Ces zones, qui mesurent parfois plusieurs centaines de mètres carrés, sont souvent tapissées d'épaisses couches de dépôts bactériens. Le long de cette marge continentale, la plaque Juan de Fuca, dont la surface forme une petite partie du plancher océanique du Pacifique du Nord-Est, glisse sous la plaque Nord-américaine à une vitesse de 4,5 centimètres par an. Lors de cette subduction, les sédiments que porte la plaque qui s'enfonce sont raclés par la plaque supérieure et plissés ou empilés en plu-

sieurs couches, telles des écailles géantes. Les matériaux déformés forment un prisme d'accrétion qui s'entasse contre la plaque Nord-américaine. Dans la région étudiée, plusieurs rides ont été formées, presque parallèlement à la côte.

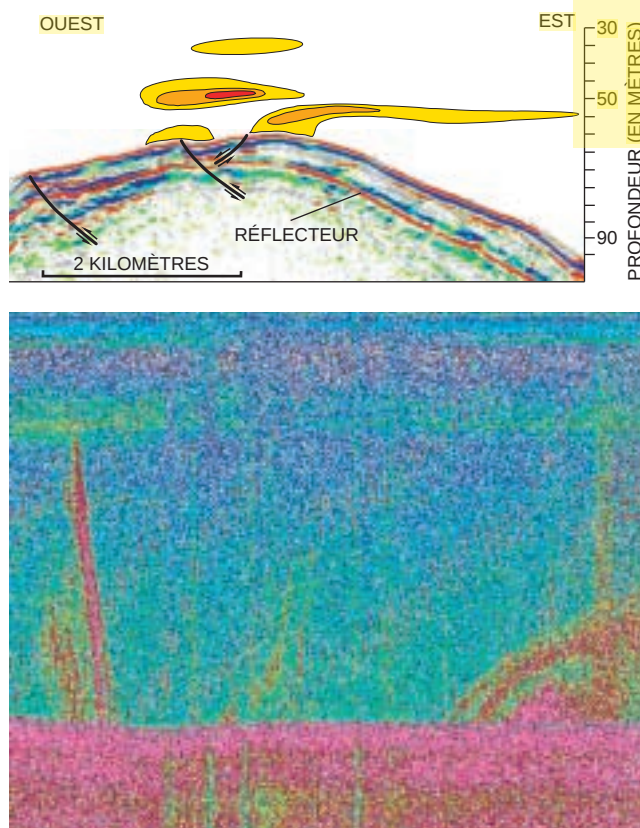
La zone de subduction Cascadia est l'une des régions où les géologues étudient les marges continentales actives : la subduction provoque des séismes, un volcanisme actif et la formation de chaînes de montagnes. L'étude des hydrates de gaz a éclairé la compréhension des rides d'accrétion, au point que les États-Unis ont renommé la ride d'accrétion numéro 2 : depuis janvier 1988, c'est la ride des hydrates.

Au cours de la subduction, la pression comprime les sédiments et en exprime l'eau et les gaz. Ces derniers sont expulsés du plancher océanique par des sources froides. En 1984, l'un de nous (E. Suess) découvrit ces sources sous-marines froides dans la zone de subduction Cascadia, à l'aide du submersible américain *Alvin* de l'Institut océanographique de Woods Hole. On considère aujourd'hui que ces sources sont caractéristiques des zones de subduction.

Les sources froides et leurs occupants

Les analyses chimiques de ces sources ont montré qu'elles ne libèrent pas simplement de l'eau interstitielle, directement issue du sédiment : la concentration en sel est trop faible. On suppose donc que de l'eau provenant de la fonte d'hydrates (les hydrates sont composés d'eau douce) s'est mélangée à l'eau interstitielle.

D'où vient cette eau ? La pression permanente de la plaque qui s'enfonce plisse les couches sédimentaires. Le long des limites de plis, qui s'ouvrent à travers les strates du sédiment rempli d'hydrates de gaz, les fluides et les gaz remontent des profondeurs, chauffant les couches solides et déstabilisant les hydrates. Ainsi du sulfure d'hydrogène et de l'ammoniac sont libérés en même temps que le méthane.



6. ON A DÉTECTÉ des panaches de méthane dans l'eau de mer au-dessus de failles (lignes noires avec flèches dans le schéma supérieur). Dans le profil sismique du plancher océanique, la limite inférieure de la couche d'hydrates de gaz est clairement visible sous forme d'un réflecteur. Les zones jaunes, orange et rouges, dans l'image supérieure, indiquent des concentrations respectivement égales à 5, 10 et 50 nanolitres par litre. Un sonar utilisé pour la détection des bancs de poissons a identifié des panaches de méthane qui s'élevaient du plancher océanique dans la mer d'Okhotsk (en bas).