

expérimentale d'hydrate de méthane dans les conditions naturelles. À une profondeur de 910 mètres, dans l'océan, ils ont fait passer du méthane gazeux à travers des couches de sable plongées dans l'eau : en quelques minutes, parfois en quelques secondes, ils ont obtenu des hydrates dont la texture ressemblait à celle du matériau naturel que nous avions prélevé.

L'hydrate prélevé au large de l'Oregon contient non seulement du méthane, mais également de 1,5 à 3 pour cent de

sulfure d'hydrogène, et des traces d'éthane, de propane et de dioxyde de carbone. Les analyses chimiques et la détermination des divers isotopes du carbone (le noyau de ces atomes contient toujours six protons, mais le nombre de neutrons varie selon les isotopes) ont confirmé que le méthane se forme par décomposition microbienne de matière organique dans le sédiment.

Contrairement au Pacifique, qui est entouré de nombreuses zones de subduction, l'Atlantique est ceint de

marges continentales passives, éloignées de toute limite de plaque. Malgré leur faible activité tectonique, ces talus sont pourtant dynamiques : les sédiments apportés du continent déstabilisent parfois les pentes et provoquent des glissements de terrains sous-marins ou d'importants effondrements. L'un des glissements les plus spectaculaires a eu lieu au large de la côte norvégienne, à la latitude de Trondheim, il y a quelque 8 000 ans : 5 600 mètres cubes de sédiments ont glissé sur une

La Méditerranée et le golfe de Guinée

Longtemps ignorée, la présence massive d'hydrates de gaz dans certaines régions sous-marines du Globe a des conséquences importantes, tant pour la compréhension de la Terre que pour l'industrie. L'*Ifremer* et, plus généralement, l'océanographie française possèdent des compétences de tout premier plan dans les domaines de l'imagerie acoustique des grands fonds marins et de l'observation directe des fonds au moyen des submersibles. Aussi, la contribution française à l'effort de recherche international sur les hydrates s'est tout naturellement développée autour de la mise en œuvre de ces moyens d'exploration.

Alors que les hydrates ont été principalement découverts dans les eaux les plus froides, des équipes françaises et hollandaises ont observé des accumulations d'hydrates de gaz dans les bassins méditerranéens : plusieurs équipes scientifiques, sous l'impulsion de l'*Ifremer* (Institut français de recherches pour l'exploitation de la mer) et de l'institution correspondante aux Pays-Bas, ont entrepris, ensemble, l'exploration des volcans de boue du fond de la Méditerranée. Particulièrement nombreux au Sud de la Crète, ces volcans de boue sont des cônes d'éjection de sédiments fluidisés, observés en fond de mer. Ces sédiments pourraient provenir de plusieurs kilomètres sous le fond de la mer, où des conditions de surpression des fluides interstitiels prévalent.

Les scientifiques français et hollandais qui ont utilisé le sous-marin *Nautilus* de l'*Ifremer*, lors de la mission MEDINAUT, réalisée en novembre 1998, ont observé de nombreux suintements de fluides froids et une intense activité biologique à la surface des volcans de boue, au Sud de la Crète et de la Turquie, ainsi que de fortes concentrations en méthane dans l'eau de mer à leur voisinage. Ils ont relié ces observations à la présence d'accumulations d'hydrates de gaz au sein des volcans de boue. La prochaine étape sera de mieux évaluer l'importance de ces accumulations.

Les hydrates de gaz déterminent les propriétés physiques des sédiments qui les renferment : réduisant la perméabilité des sédiments, ils facilitent le piégeage des hydrocarbures dans les niveaux sédimentaires sous-jacents (en particulier des gaz) ; d'autre part, une possible fragi-

lisation mécanique des terrains induit des risques de glissement sous-marin. Dans les provinces pétrolières où l'exploration se situe par des profondeurs d'eau supérieures à 500 mètres (golfe de Guinée, golfe du Mexique, Brésil, mer du Nord), les hydrates de gaz constituent donc un facteur de risque industriel important.

C'est pourquoi, il n'est pas étonnant que les hydrates de gaz constituent un des quatre thèmes de recherche du programme scientifique de recherche *ZaiAngo*, commencé en 1998 par *Ifremer* et par *Elf-ep* sur la marge Gabon-Congo-Angola. Ce programme est fondé sur plusieurs campagnes océanographiques, de 1998 à 2001. L'étude des hydrates de gaz et, plus largement, de la circulation des fluides dans cette zone comporte quatre volets : la reconnaissance acoustique des zones actives, l'étude sismique détaillée des formations à hydrates, l'étude du champ de températures à l'interface eau-sédiment, l'étude des échanges à l'interface eau-sédiment et dans la colonne d'eau. En décembre 1999, à l'aide du système sismique remorqué près du fond *Pasisar* et à l'aide d'un réseau de capteurs, posé sur le fond, on déterminera les propriétés mécaniques du milieu, ainsi que les quantités de gaz libre et d'hydrates présents. Pour connaître la stabilité des hydrates à court terme, on mesurera la température au fond et dans le sous-sol. Deux sondes resteront plantées dans le fond pendant près d'une année, afin d'enregistrer d'éventuelles modifications du champ de températures au cours des saisons. Pour mieux comprendre la genèse des hydrates de gaz et leur évolution, les échanges à l'interface eau-sédiment et dans la colonne d'eau seront analysés fin 2000, dans le cadre d'un programme d'observation du fond conduit avec l'engin de reconnaissance d'*Ifremer* : le *ROV Victor 6000*.

Si une multitude de questions subsistent aussi bien sur le plan géologique, biologique, physique ou chimique concernant les hydrates de gaz, les efforts de recherche importants qui sont entrepris par les différents pays devraient donner des résultats dans les années à venir et démontrer toute l'importance de ce phénomène sur l'évolution des marges et du système Terre en général.

Bruno SAVOYE et Jean-Paul FOUCHER
Ifremer Brest