

## RISQUES ET PHÉNOMÈNES NATURELS

# Vers un réseau d'observatoires sous-marins

Comprendre l'origine des risques naturels, estimer leur probabilité d'occurrence et évaluer la vulnérabilité des éléments exposés sont des enjeux majeurs pour la recherche.



Une «bouchée» d'hydrate de gaz au bout du bras du robot Victor 6000.

Les séismes et les éruptions volcaniques sont des phénomènes complexes liés à la géodynamique de notre planète, qui prennent source dans les profondeurs de la Terre. On parle alors de risques telluriques. Les manifestations qui s'expriment en surface sont extrêmement variées. Par exemple, certains séismes sous-marins engendrent parfois des tsunamis.

D'autres risques naturels sont provoqués par les phénomènes dont l'origine est météorologique (inondations, cyclones, vents violents, etc.).

« Les risques géologiques auxquels s'intéresse l'Ifremer concernent les tremblements de terre et les tsunamis, mais également les glissements de terrains qui sont très fréquents dans le domaine marin et de grande ampleur », précise Louis Géli, sismologue et géophysicien marin, responsable de l'unité de recherche en géosciences marines à l'Ifremer. « L'essentiel de l'énergie sismique libérée sur la planète l'est aux

frontières de plaques. Or, celles-ci sont souvent des zones côtières (toute la ceinture de feu notamment) et le littoral concentre beaucoup de populations. Aux Antilles, par exemple, les séismes qui menacent sont sous-marins. Et pour les étudier, il faut des moyens navals, de la technologie... d'où le rôle de l'Ifremer. ».

À l'origine, il s'agissait de comprendre les processus générateurs de séismes et de localiser les structures actives. La découverte des sources hydrothermales à l'axe des dorsales océaniques, en 1976, a été la première grande révélation de l'importance de la circulation des fluides à l'intérieur de la croûte océanique. Il semble établi aujourd'hui que, dans l'océan, les failles actives sont généralement associées à des sorties de fluides, ce qui laisse à penser que les systèmes hydrogéologique et tectonique sont couplés.

Une des questions posées est donc de savoir si la circulation des fluides dans les failles sous-marines peut engendrer des signaux précurseurs

détectables avec des instruments placés au fond de la mer. Pour y répondre, il est nécessaire de mettre en œuvre une approche pluridisciplinaire. Ceci passe, entre autres, par le développement d'une instrumentation innovante et adaptée. L'Ifremer dispose d'outils pour l'observation à grande échelle de la sismicité de faible magnitude (réseau de stations hydro-acoustiques autonomes, sismomètres fond de mer pour l'observation *in situ*) et d'outils de mesure physique (système de surveillance des sorties de bulles de gaz, pénétromètre Penfeld, piézomètre, outil géothermique, station magnéto tellurique sous-marine, sonde de flux de chaleur, etc.). « Notre particularité est de déployer une instrumentation très spécifique et adaptée sur les fonds, poursuit Louis Géli, que nous pouvons développer car nous travaillons notamment avec l'industrie pétrolière, très intéressée par la surveillance de ses plateformes. Notre objectif est de mettre en œuvre des observatoires sous-marins multi-paramètres, capables de mesurer les mouvements du sol mais aussi la

pression, la température, la teneur en oxygène ou en méthane de l'eau, la quantité de gaz émise en certains sites, etc. ».

Le programme ESONet (European Seafloor Observatory network) a été un accélérateur de cette démarche. Coordonné par l'Ifremer, ce réseau d'excellence visait à préparer la mise en œuvre d'observatoires fond de mer pluridisciplinaires, placés sur les sites sensibles. Ils permettront de surveiller le fond de la mer en temps réel, d'évaluer ou de prévenir les risques naturels, d'assurer le suivi à long terme des évolutions climatiques et de l'impact des changements globaux sur le milieu marin, en particulier sur les écosystèmes et la biodiversité.

La campagne océanographique Marmesonet, en 2009, poursuivait dans ce cadre deux objectifs : déterminer s'il existe un lien entre la sismicité et les manifestations d'expulsion de fluides observées le long de la faille nord-anatolienne au large de la Turquie. Et réaliser des études préalables à l'implantation d'observatoires sous-marins permanents destinés à la surveillance de l'activité sismique. Louis Géli et Pierre Henry, directeur de recherche au CNRS, ont travaillé ensemble sur ce projet. « Il s'agit d'une faille active, qui a notamment généré le séisme de 1999, indique Pierre Henry. Et l'agglomération d'Istanbul est exposée à un risque important. Nous développons nos connaissances sur les failles, principale et secondaires, et observons les sorties de fluides (gaz et eau). Ils viennent de profondeurs différentes : des dernières dizaines de mètres de sédiments comme du manteau terrestre et nous commençons à établir des interprétations. Mais ces fluides ne sont pas tout. Il faut aller au-delà, mesurer la déformation, faire de la géodésie. Sur terre, des GPS permettent au centimètre près de savoir si une faille est bloquée ou non. En mer nous sommes loin de cette résolution et c'est l'un des enjeux des observatoires » conclut-il. Le développement des observatoires va se poursuivre dans le cadre du projet EMSO (European Multidisciplinary Seafloor Observation), qui vient d'être labellisé Infrastructure de Recherche par le Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche

## RISQUES ET PHENOMENES NATURELS

## « Détecter, comprendre et évaluer »



Nabil Sultan,

Ingénieur civil titulaire d'un doctorat en géotechnique, Nabil Sultan est entré à l'Ifremer en 2000. Dans l'unité de recherche géosciences marines du Centre Ifremer Bretagne, il est responsable du projet risques géologiques. Il travaille à ce titre sur la stabilité des pentes sous-marines, la circulation des fluides dans les sédiments marins et les hydrates de gaz.

#### ► Que sont les hydrates de gaz ?

Il s'agit, selon la définition courante, d'une « glace qui brûle ». En fait, ce sont des molécules d'eau formant des cages qui piègent du gaz, principalement du méthane (à 99 % dans le domaine marin). Ces hydrates composent un milieu solide et rigide, mais dans un état métastable. On les trouve dans des endroits riches en matière organique à partir de 400 m, jusqu'à 500 m de fonds pour une température de 4-5 °C. Ils sont connus depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle, mais ils ont été récupérés en mer Noire et analysés pour la première fois en 1972.

#### ► En quoi constituent-ils un risque ?

Lors de leur formation, ils augmentent la rigidité des fonds marins. Le problème n'est donc pas leur présence, mais leur disparition. Si la température ou la pression varient (mais aussi la salinité), ils se dissocient et se transforment en gaz et en eau. 1 m<sup>3</sup> d'hydrate de méthane libère environ 164 m<sup>3</sup> de méthane à pression atmosphérique et température ambiante. Cette modification fragilise le sédiment et peut entraîner des déformations sédimentaires importantes et des glissements de pentes.

Dans un contexte de changement climatique, une augmentation, même très faible, de la température dans des zones où ils sont présents, est susceptible d'entraîner ce type d'évolution. Dans le cas de l'industrie pétrolière, l'huile chaude en provenance des puits de production, peut dans certaines conditions et malgré l'isolation des tubes, déstabiliser les hydrates. L'Ifremer travaille avec l'industrie pétrolière pour évaluer ces risques.

#### ► Quelles sont les recherches menées par les scientifiques sur cette question ?

Il faut tout d'abord détecter les hydrates de gaz. Puis étudier leur stabilité thermodynamique. Ensuite, évaluer leur impact sur la résistance du fond et l'effet de leur dés-

tabilisation. Nous travaillons à l'Ifremer sur ces 3 aspects. La détection est assurée par des méthodes indirectes (géophysique, sismique). L'approche de la géochimie et la thermodynamique s'effectue en laboratoire et par modélisation numérique. Le comportement mécanique des sédiments riches en hydrates de gaz est étudié *in situ* lors de campagnes océanographiques. Mais nous développons aussi des outils de laboratoire pour compléter ces études. Nous partons donc de la détection pour arriver à la modélisation des impacts de leur disparition sur les fonds sous marins. L'Ifremer a développé des outils de mesure performants, mais il faut aller plus loin. Le pénétromètre Penfeld utilisé pour la caractérisation mécanique des sédiments riches en hydrates de gaz par exemple, devrait passer de 30 à 50 m d'ici à deux ans. Un autre outil devrait nous permettre de suivre avec le temps les déformations sédimentaires dans de telles zones.

Actuellement, nous travaillons surtout dans deux zones : avec Total dans le delta du Niger (par 1 000 / 1 200 m de profondeur d'eau) et au large de la Norvège. En effet, des chercheurs anglais et allemands ont montré qu'au Svalbard, les variations de température sur les trente dernières années pouvaient être à l'origine de la déstabilisation des hydrates de gaz et d'un dégazage massif de méthane dans la colonne d'eau.

L'Ifremer est par ailleurs partenaire d'une proposition pour un projet européen dont l'objectif est d'évaluer les risques d'impact environnemental liés à l'éventuelle exploitation des hydrates. Certains pays travaillent en effet sur l'aspect « source d'énergie » : Japon, Canada, Corée du Sud, Usa, Allemagne, Russie. La quantité de gaz qui pourrait être retirée des zones riches en hydrates de gaz, dépasse largement les quantités de gaz naturel détectées et cartographiées aujourd'hui ! Mais les méthodes d'exploitation ne sont pas encore fiables. Nous n'en sommes pas encore à l'industrialisation.

Propos recueillis par Dominique Guillot.

## EN SAVOIR PLUS

#### ◆ Éditions QUAE

##### « Un crapaud peut-il détecter un séisme ? »

90 clés pour comprendre les séismes et tsunamis



Louis Géli et Hélène Géli

Décembre 2004, tsunami de Sumatra, janvier 2010, séisme d'Haïti, mars 2011, séisme de Tohoku et tsunami de Fukushima... autant de drames humains qui nous rappellent en permanence combien la prévision des séismes et des tsunamis reste une science complexe et difficile.

Cet ouvrage, simple et concis, est

une introduction aux grandes notions élémentaires des séismes et un état des lieux de la prédiction. Qu'est-ce qu'un séisme ? Comment se forme un tsunami ou une vague scélérate ? Peut-on prévoir un séisme ? Avec quelle échéance ? Y a-t-il des signes précurseurs ? Peut-on se fier au sixième sens des animaux ? Que sait-on faire et que ne peut-on pas faire ? Pourquoi peut-on prédire les éruptions volcaniques, la météo et pas les séismes ? Le séisme de Tohoku était-il prévisible ? Pourquoi la centrale de Fukushima n'était-elle pas mieux protégée ?...

À travers 90 questions, ce livre ne se veut aucunement exhaustif en la matière. Mais il fournit des repères sur l'histoire de la sismologie, l'évolution de la prédiction et les pistes d'avenir. Il propose quelques réflexions sur le métier de sismologue et les différentes écoles de sismologie, avec un éclairage particulier sur le séisme japonais de mars 2011.

Louis Géli, sismologue et géophysicien marin, est aujourd'hui responsable de l'Unité de recherche en géosciences marines à l'Ifremer.

Hélène Géli, journaliste et historienne, s'intéresse à tous types de recherche et d'exploration. Elle a signé bon nombre d'ouvrages dans des domaines aussi divers que l'agro-alimentaire, l'industrie, la banque ou la santé.

Collection « Clés pour comprendre », 176 pages - Livre : 21 €

#### ◆ Les Trophées Ifremer

Pour la 4<sup>ème</sup> année consécutive, l'Ifremer a organisé les Trophées Ifremer afin de saluer l'excellence scientifique et l'esprit d'innovation de ses collaborateurs. Les Trophées permettent également de mieux faire connaître les travaux de l'Ifremer et de présenter sous un angle nouveau ses équipes,

réalisations et recherches individuelles ou collectives. La cérémonie s'est déroulée lundi 19 novembre à Paris au Musée des Arts et Métiers, où l'Ifremer est partenaire de l'exposition « Et l'Homme créa... le robot » présentée jusqu'au 3 mars 2013.

Sept prix ont été remis, parmi lesquels le Prix Spécial Ifremer attribué au dossier « Ressources minérales dans les grands fonds océaniques », projet mené principalement par les chercheurs de l'Unité Géosciences marines au Centre Ifremer Bretagne.

Pour en savoir plus :

<http://www.ifremer.fr/institut/Les-ressources-documentaires/Medias/Communiqués-de-presse/Les-Trophees-Ifremer-Edition-2012>



© Ifremer / M. Gouillou