

Regards sur...

A propos des forages profonds

Les forages profonds sont, à la connaissance de la planète Terre, ce que le télescope est à celle de l'univers. Aujourd'hui, plus que jamais, nous avons besoin de savoir comment des processus en jeu dans les profondeurs de la Terre influent sur la vie à sa surface. Les changements climatiques, les tremblements de terre et les éruptions volcaniques sont autant de phénomènes qui ont une incidence critique sur la vie sur Terre et exigent une meilleure compréhension de ce qui se passe à une profondeur pouvant atteindre plus de 10 kilomètres sous la surface. C'est pourquoi, les objectifs scientifiques des forages profonds se sont récemment élargis. Dans les années 60, la validité de la théorie de la tectonique des plaques, dont l'avènement constitue l'un des développements majeurs de l'histoire des sciences de la Terre, a été confirmée grâce aux forages qui ont atteint le fond des océans. Aujourd'hui, les nouveaux thèmes abordés par les forages sont :

- les risques naturels (tremblements de terre, éruptions volcaniques) ;
- la structure de la croûte océanique profonde ;
- les interactions entre la croûte et le manteau sans oublier l'exploration des bassins sédimentaires pour la recherche d'hydrocarbures.

Actuellement, se distinguent deux groupes internationaux (Etats-Unis, Japon, Europe et Chine) mettant en commun des spécialistes des sciences de la terre et de la vie : l'IODP (Integrated Ocean Drilling Program) et l'ICDP (International Continental Drilling Program). Chacun des partenaires fournit divers moyens de forage. Par exemple, dans le cadre du programme IODP (voir l'historique du programme, article "Sur la route du Moho", numéro 98 de *Géochronique*), la France a eu accès au navire de forage *Joides Resolution*, ancien navire de forage pétrolier, long de 144 mètres, adapté en 1984 pour ce programme de forage océanique profond; il est surmonté d'un derrick qui se dresse à 64 mètres au dessus de l'eau, il peut forer des carottes dans des profondeurs d'eau de 8 000 mètres.

Contrairement aux forages océaniques, les forages continentaux ICDP sont nécessairement exécutés sur les ter-

ritoires nationaux et sont donc soumis à la juridiction des différents pays. C'est ce qui a rendu difficile leur internationalisation. Les russes furent les premiers, en 1977, à forer à terre pour tenter de traverser la croûte continentale. Le forage était implanté dans la péninsule de Kola (cercle arctique russe) ; en 1989, il atteignit une profondeur de 12 kilomètres, ce qui permit l'acquisition de connaissances inestimables sur la croûte continentale. Alors que les coûts des forages étaient principalement financés par les organisations gouvernementales (ministères de la recherche et de la technologie, commissions géologiques), la recherche scientifique était également financée par les agences scientifiques nationales et les universités ; le démantèlement du bloc de l'Est et la crise économique qui frappa les républiques soviétiques entraîna l'arrêt de ces forages continentaux.

Plusieurs forages océaniques et continentaux se sont achevés récemment et d'autres sont en projet.

En février 2005, à proximité de la dorsale médio-atlantique (30°N), un forage était destiné à étudier le gradient d'altération hydrothermale à partir les variations pétrologiques, physiques, chimiques enregistrées sur roches forées sur une hauteur de 800 mètres, En mars 2005, à Donghai en Chine, un forage de 5 000 mètres a permis de

révéler les processus géologiques et dynamiques dans la convergence des plaques, de comprendre les interactions croûte manteau au travers du comportement des fluides et des minéralisations, d'obtenir des données géophysiques sur la composition de la croûte et à terme de développer un vrai modèle 3D de la croûte.

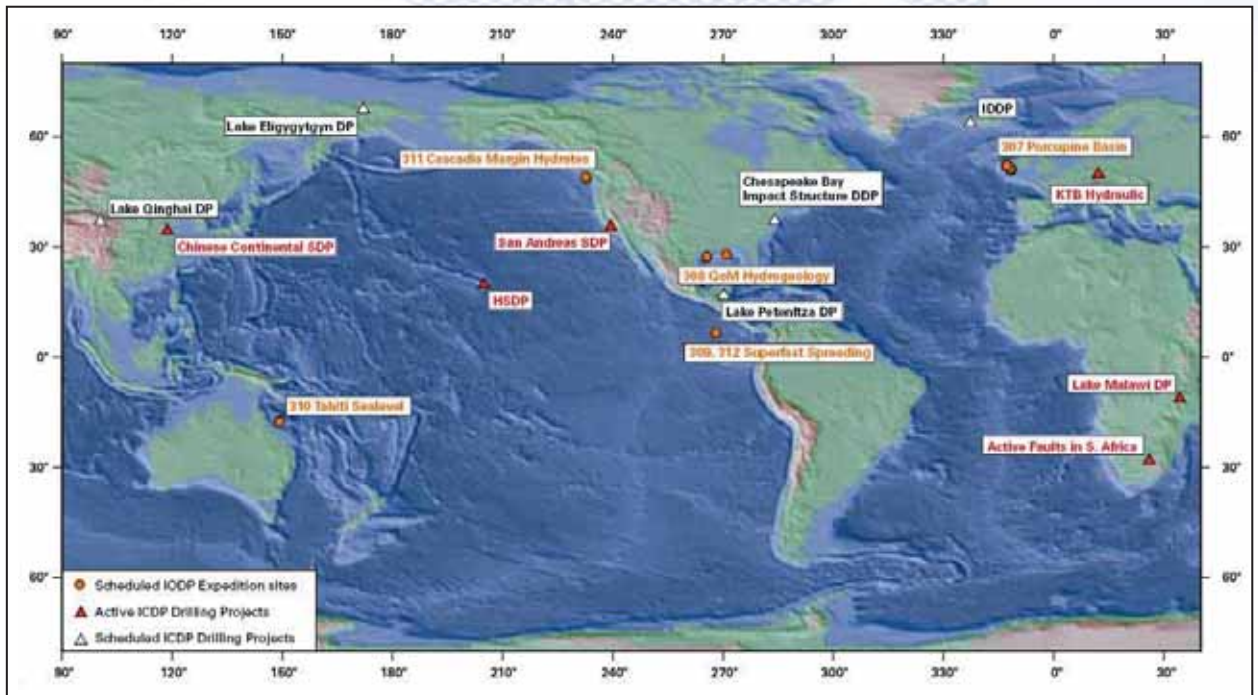
En août 2005, dans le golfe du Mexique, l'objectif a été de forer pour la première fois, une section complète et continue dans la croûte océanique supérieure, à travers les basaltes volcaniques, puis le complexe filonien, jusqu'aux gabbros supérieurs (1 300 mètres). Il a permis l'étude des processus magmatiques, structuraux et hydrothermaux qui contrôlent la construction de la croûte océanique au niveau des dorsales.

En octobre 2005, une nouvelle campagne a été lancée en Polynésie en vue d'analyser l'impact de la montée du niveau marin et des changements actuels et futurs de l'environnement sur le développement des systèmes coralliens.

En novembre 2005, c'est l'excellente préservation et la relative jeunesse de la zone d'impact de Chesapeake Bay (cratère de 85 kilomètres de diamètre datant de l'Eocène : 35 Ma) aux Etats-Unis qui a motivé un forage sur la périphérie du cratère afin d'étudier les processus d'un impact, la stratigraphie, la sédimentation et la climatologie.



Regards sur...



Début 2006, à Lake El'gygytgyn en Russie et en Islande sont prévus deux forages profonds afin d'étudier le rôle majeur des régions polaires sur le système climatique global (océanique et atmosphérique) au travers des nombreux cycles glaciation/déglaciation. Depuis juin 2002, un forage incliné atteignant 3 200 mètres est creusé près de la faille de San Andreas (à l'ouest par rapport à la verticale) et fournit des données physiques (roches et fluides) et mécaniques sur une zone de faille de grande profondeur à l'origine de tremblements de terre et d'éruptions volcaniques.

Les pétroliers s'intéressent de plus en plus aux nappes profondes, difficilement accessibles, mais aussi à ce qu'on appelle parfois le pétrole "non conventionnel", des sables bitumeux, des huiles extra lourdes et des "tight sands". Ces hydrocarbures sont de plus en plus compétitifs car plus faciles à extraire ou à transformer grâce aux percées technologiques récentes. Trois exemples de forages industriels remarquables illustrent quelques défis technologiques auxquels sont confrontés les scientifiques.

- En Amérique du Sud, depuis 70 millions d'années, près du fleuve vénézuélien l'Orénoque, l'accumulation de calcaires, de marnes et de matières organiques (300 à 600 mètres de sédiments) est à l'origine d'immenses gise-

ments de pétrole. Accumulé dans des sables très poreux et perméables, ce pétrole reste particulièrement visqueux, malgré la chaleur (50°C). Mal préservé et altéré, il est devenu extra lourd. Une situation déroutante pour le pétrolier : des réserves comparables à celles du Moyen-Orient, mais un pétrole difficile à extraire de la roche.

- Le sous-sol de la mer du Nord cache une importante richesse en "systèmes pétroliers" (on dénombre plusieurs centaines de champs d'hydrocarbures), comme à Elgin au nord de l'Ecosse (gisement pétrolier) ou à Franklin (champ gazier) situé 6 kilomètres plus loin. Sous 6 000 mètres de roches, ces hydrocarbures se trouvent dans des réservoirs, à haute température et très haute pression (1 100 bars pour 190°C) nécessitant une exploitation sur une plate-forme de production commune ; opération très délicate ayant abouti à la naissance d'une véritable ville industrielle en pleine mer.

- En Afrique, il y a 80 millions d'années, les sédiments du fleuve Zaire se sont accumulés à plusieurs centaines de kilomètres au large. C'est là que se trouve aujourd'hui du pétrole piégé sous 1 300 mètres de sédiments et 1 500 mètres d'eau. Cet or noir est un défi à la technique pétrolière : chaque forage est un réseau en forme de branche, et muni de vannes pilotées à distance ; les hydrocarbures circulent

dans des tuyaux spéciaux pour éviter qu'ils ne se figent dans le froid. Le navire de forage, piloté par GPS, est doté de moteurs corrigeant automatiquement sa position afin d'assurer la stabilisation du matériel à grande profondeur.

Les techniques de forage profond ne sont qu'un outil, même s'il s'agit du plus déterminant, pour l'étude de la lithosphère terrestre ou de l'exploitation de ses richesses potentielles.

Les forages profonds ne représentent qu'une petite partie du budget total de la recherche dans le domaine des sciences de la Terre mais pour les géoscientifiques, ils sont l'occasion de faire des observations sans précédent et de tester des hypothèses clés.

Dans la mesure où la lithosphère fait partie de notre environnement et qu'elle nous fournit des substances vitales, les forages profonds présentent un intérêt dans tous secteurs de l'économie ; industriels, urbanistes, responsables de l'aménagement du territoire, compagnies d'assurance pourraient participer au financement et à l'élargissement des campagnes d'études de forages profonds.

Nicolas PILISI
Institut Polytechnique Lasalle Beauvais,
Département Géosciences