

## Ressources énergétiques et minérales du futur : que nous réserve le fond de la mer ?

Auteur : Jean MASCLE

Laboratoire GéoAzur, Villefranche-sur-Mer

Membre du Conseil scientifique de l'Institut océanographique, Fondation Albert I<sup>er</sup>, Prince de Monaco

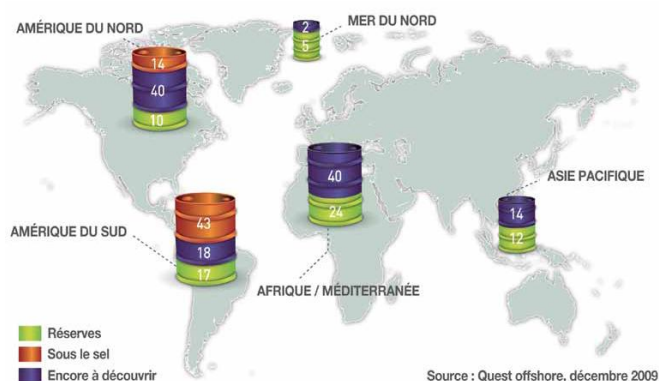
### Le problème

2012, 7 milliards d'habitants sur terre. On en prévoit 9 milliards en 2050 !

Comment faire pour fournir énergie et matières premières nécessaires au développement de l'activité humaine, ou même tout simplement à son maintien ? Jusqu'à nos jours la quasi-totalité des ressources énergétiques et minières non renouvelables dont l'humanité a eu besoin provenait de l'exploitation des terres émergées, soit seulement 25 % de la surface du globe. En un peu plus d'un siècle, ces ressources ont été en grande partie épuisées et le seront presque certainement totalement en 2050. Si nous voulons conserver notre style de vie, notre seule alternative est donc d'aller voir ailleurs ! Mais alors où ? D'autres planètes ? Le plus simple, même s'il est encore un double challenge, technologique et politique, est encore d'aller rechercher l'énergie dont nous serons longtemps dépendants (pétrole et gaz), ainsi que les métaux et terres rares, dont nous aurons de plus en plus besoin, au sein des 75 % de la surface de la Terre, toujours très peu explorés et encore moins exploités, c'est-à-dire sous la surface des océans.

### Énergie non renouvelable

Pour l'essentiel, **pétrole et gaz** résultent du piégeage puis de l'enfouissement et de la transformation de matières organiques (d'origines végétale ou/et animale) déposées en mer au sein de bassins sédimentaires, eux-mêmes formés au long des bordures ou marges continentales, à la périphérie des océans. L'homme a naturellement exploité ces ressources non renouvelables là où il était le plus facile de le faire, c'est-à-dire au sein de couches sédimentaires que l'évolution géologique avait fait émerger. Face à une demande exponentielle, et compte tenu de nombreuses instabilités politiques, les compagnies pétrolières se sont peu à peu tournées vers le plateau continental, là où la profondeur d'eau ne constituait pas un obstacle infranchissable à la recherche et à l'exploitation des hydrocarbures. De nos jours, un pourcentage significatif des champs pétroliers et gaziers en activité se situe en mer, en particulier au large de grands deltas (Mississippi, Niger, Nil). La demande s'amplifiant et la technologie se développant considérablement, le monde pétrolier s'est penché, déjà depuis près de 20 ans, sur des ressources gisant au sein de bassins marins par de beaucoup plus grandes profondeurs d'eau, le « *deep offshore* » (par exemple au large de la Norvège par quelques centaines de mètres de profondeur) ou encore l'« *ultra deep offshore* » qui concerne des secteurs de recherches et déjà d'exploitation par plusieurs milliers de mètres d'eau (2 000 à 3 000, voire au-delà). On estime qu'en 2015 près de 10 % de la production mondiale de pétrole proviendront des grandes profondeurs. Brésil, Afrique de l'ouest, golfe du Mexique sont des régions au large desquelles ces techniques ont été développées, malheureusement pas toujours sans risques environnementaux comme on l'a vu dernièrement au large du Mississippi.



Estimation des réserves pétrolières de l'offshore profond en milliard de barils  
(Source : Total, *Offshore profond, exploration et production*, 2011 [1])



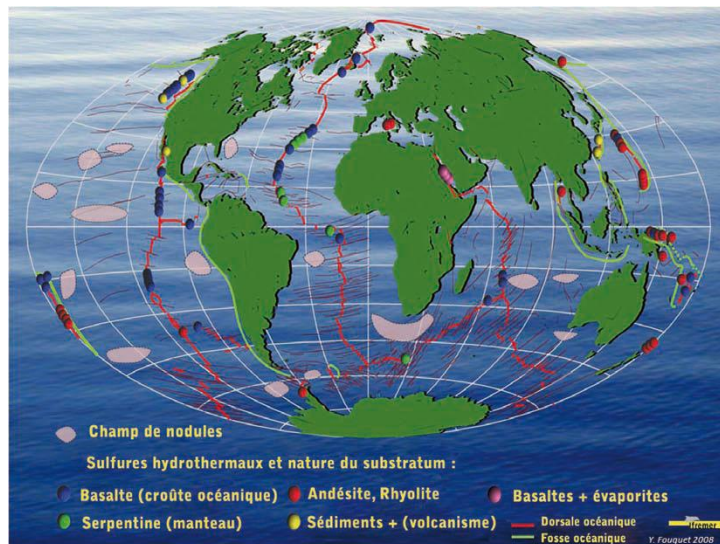
Dopé par une demande qui sera de plus en plus forte dans les décennies à venir, il est clair que le futur de la recherche et de l'exploitation des hydrocarbures ne pourra se développer que vers ces dernières frontières que constituent les grands fonds, avant que d'autres types d'énergie, renouvelables et moins polluantes, ne soient disponibles. Certains gaz, en particulier le méthane, s'échappant de systèmes pétroliers profondément enfouis, ou provenant de la transformation biogénique de matières organiques moins profondément enfouies, peuvent également être piégés dans les sédiments au sein de cristaux de glace ; on parle alors d'hydrates de gaz. Un hydrate est un édifice cristallin, semblable à de la glace, au sein duquel des molécules d'eau emprisonnent des molécules de gaz. Malgré des estimations de volume difficiles, et donc controversées, certains pensent que ces hydrates pourraient constituer une source d'énergie non négligeable au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, mais là encore pas sans risques environnementaux potentiels.

### Ressources minérales

Cela fait des siècles que l'homme sait exploiter certaines ressources minérales relativement accessibles sur le plateau continental par faible profondeur d'eau, tels le sel, des sables, des graviers ou, plus récemment, des phosphates, ou encore certains « placers » (dépôts de fleuves particulièrement riches en certains minéraux), voire même des diamants.

Mais une évolution économique très semblable à celle qui a conduit à l'exploitation du pétrole profond est en train de s'esquisser pour de nombreux métaux et autres ressources non renouvelables, comme les terres rares, dont la consommation croît exponentiellement au fur et à mesure que se développent des technologies de pointe comme dans le transport aérien, les communications (téléphone portable) ou encore l'informatique grand public... La production arrive tout juste à répondre à la demande, et déjà des tensions économiques et politiques existent à ce sujet. Mais qu'en sera-t-il dans 25 ou 30 ans ?

Voilà plusieurs décennies que les géologues marins ont découvert les fameux **nodules de manganèse**, concrétions spécifiques à certains grands fonds océaniques (surtout le Pacifique). Après une phase initiale, au cours des années 1960-1970, de recherches sur ces nodules et autres encroûtements riches en fer, manganèse, cuivre, cobalt ou encore nickel, on en est actuellement à évaluer les divers risques inhérents avant de lancer dans un jour proche des projets d'exploitation.



Principaux champs de nodules et sources hydrothermales connus dans les océans  
(Source : Y. Fouquet, *Les ressources minérales du futur sont-elles au fond des mers ?* [5])

Une démarche comparable concerne les **sulfures polymétalliques** d'origine hydrothermale, découverts voici une trentaine d'années à l'axe des dorsales océaniques. Chaque nouvelle expédition océanographique, ou presque, apporte son lot de découvertes de sites hydrothermaux nouveaux où, suivant l'environnement géodynamique et les diverses réactions entre l'eau de mer et les dépôts encaissants, se concentrent des sulfures plutôt riches en cuivre, zinc, argent ou encore en plomb, arsenic, mercure, voire argent ou or. On en est déjà dans certains secteurs, comme

dans le Pacifique occidental, au stade de demande de permis miniers et même de projets d'exploitation industrielle par grands fonds comme par exemple au large de la Papouasie/Nouvelle Guinée. Outre des défis technologiques et environnementaux, se pose alors également le problème d'une législation internationale adaptée, respectant les droits des pays riverains et l'accès de tous aux zones internationales.

#### En savoir plus

- [1] [http://www.total.com/MEDIAS/MEDIAS\\_INFOS/5071/FR/TOTAL-offshore-profond.pdf](http://www.total.com/MEDIAS/MEDIAS_INFOS/5071/FR/TOTAL-offshore-profond.pdf)
- [2] Makogon Y.F. (2010). Natural gas hydrates, a promising source of energy. *Journal of Natural Gas Sciences and Engineering*, 2, 49-59.
- [3] Cronan D. (2000). *Handbook of marine mineral deposits*. CRC Press, London, 406 pp.
- [4] Hoffert M. (2008). *Les nodules polymétalliques dans les grands fonds océaniques*. Société géologique de France, Vuibert, 429 pp., Paris.
- [5] Fouquet Y. (2009). Les ressources minérales du futur sont-elles au fond des Océans ? In : *La Chimie et la Mer*. EDP Sciences, 55-79. Paris.
- [6] Fouquet Y. (2011). Les minéraux des fonds océaniques. *Pour la Science*, 73, 14-19.