

très rare en économie, une expérience grandeur nature. Je veux parler de l'arrêt Brosnan de 1995, qui a transformé le marché du football européen. Rappelons de quoi il s'agit.

Avant 1995, aucun club européen ne pouvait aligner plus de trois joueurs étrangers. En outre, lorsque le contrat d'un joueur venait à expiration, et que celui-ci souhaitait partir pour un autre club, le club d'origine était en droit de demander une prime de transfert. Ces deux règles limitaient considérablement la mobilité des joueurs entre les pays européens, et ce sont justement celles qui ont été cassées par la Cour européenne de justice, au motif qu'elles entravaient la liberté de circulation des travailleurs, et qu'elles étaient de ce fait contraires au Traité de Rome. Que s'est-il donc passé à partir de 1996 ? C'est ce qu'ont étudié Henrik Kleven et ses collègues de la *London School of Economics*.

Leur première conclusion est que les joueurs sont allés là où ils étaient le moins imposés : les pays où la tranche supérieure de l'impôt sur le revenu est la plus élevée

(dont la France) sont ceux où la proportion de joueurs étrangers dans les clubs est la plus faible, et où la proportion de joueurs nationaux qui s'expatrient est la plus forte. Mais on peut aller plus loin dans l'analyse en prenant en considération la qualité des joueurs et des clubs. Dans le football, on a des critères de classement objectifs. Un bon joueur est un joueur qui a été sélectionné en équipe nationale, et il est d'autant meilleur qu'il a été sélectionné plus de fois. Un bon club est un club qui gagne souvent, et il est d'autant meilleur qu'il gagne plus souvent : en se fondant sur les résultats des championnats nationaux et des compétitions internationales, on peut construire un classement des clubs européens. Les économistes londoniens ont montré que l'arrêt Brosnan a eu un effet très bénéfique sur les clubs des pays les moins imposés : leurs résultats et leurs classements se sont notablement améliorés après 1996.

Au sein de l'Union européenne, certains pays se sont rendu compte de l'aubaine, et ont consenti des régimes fiscaux favo-

rables aux résidents étrangers, notamment les footballeurs : il s'agit de l'Espagne (loi Beckham, du nom du joueur qui en a bénéficié en quittant *Manchester United* pour le *Real Madrid* en 2004), du Danemark et de la Belgique. Cela permet une analyse plus poussée dont il ressort que la fiscalité a un effet différencié selon la qualité des joueurs : une fiscalité attractive, comme celle de l'Espagne, sélectionne les bons au détriment des... moins bons. En effet, il y a un nombre fixe de clubs et un nombre à peu près fixe de joueurs par équipe : si Beckham prend une de ces places, cela en fait une de moins pour ceux qui n'ont pas le même talent !

On ne dispose pas d'études semblables pour les financiers, mais ils sont aussi mobiles que les footballeurs, et sont sensibles aux mêmes incitations. Ne nous étonnons pas de les voir à Londres ou à New York plutôt qu'à Paris, et inquiétons-nous au contraire de la qualité de ceux qui sont restés... ■

Ivar EKELAND est professeur d'économie.

DÉVELOPPEMENT DURABLE

Gaz de schiste : un avenir à préciser

Les réserves de gaz de roche sont importantes et suscitent des espoirs. Peut-on les exploiter sans nuire à l'environnement ? La question reste ouverte.

Bernard TARDIEU

Depuis cinq ans, la production de gaz de roche (des schistes argileux) aux États-Unis a crû rapidement. Elle représente aujourd'hui 54 pour cent de la production de gaz et 17 pour cent de la consommation énergétique totale de ce pays. Les réserves estimées y correspondent à 110 ans de consommation.

Les États-Unis ont ainsi réduit leurs importations de gaz naturel liquéfié. Cela fait partie de leur stratégie énergétique : compte

tenu de la tension sur les marchés d'énergie primaire et de la fin d'une domination totale reposant sur leur puissance militaire et économique, il est vital pour les États-Unis de réduire leur dépendance énergétique vis-à-vis du reste de la planète et d'améliorer leurs positions de négociation sur le marché mondial de l'énergie.

Le développement volontariste du gaz de schiste a permis d'obtenir des prix bas et compétitifs sur le marché américain. Cela s'est-il fait au prix d'une dégradation inac-

ceptable de l'environnement ? Le film *Gasland*, largement diffusé, tend à le montrer : nappes phréatiques polluées, robinets qui crachent du gaz, paysages dégradés... Quels que soient les intérêts défendus par ce film inquiétant, les questions qu'il pose ne peuvent rester sans réponses. De façon évidente, on constate des atteintes graves à l'environnement.

Ces pollutions résultent-elles de comportements industriels inacceptables et délicieux ? Et surtout, peut-on les éviter ?

L'exploitation des gaz de schiste repose sur le fait que des couches d'argilite situées à grande profondeur (1 500 à 3 000 mètres) peuvent contenir du méthane, gaz issu de la transformation des matières organiques emprisonnées lors du dépôt sédimentaire. L'argilite étant une roche très étanche, le méthane y reste piégé.

Pour libérer le gaz, il faut rendre l'argilite poreuse. Pour ce faire, on injecte une grande quantité d'eau à haute pression, supérieure à la résistance de la roche. De nombreuses fissures se développent alors à proximité du forage, le gaz s'échappe et est

question de l'eau chargée de ses additifs. Les sables et billes de céramique introduits avec l'eau, inertes, ne posent pas de difficulté. En revanche, l'eau qui contient divers additifs constitue le problème principal.

Aux États-Unis, la Chambre des représentants a émis en avril 2011 un rapport intitulé *Chemicals used in hydraulic fracturing*. Selon ce texte, les 14 principales compagnies du secteur ont, entre 2005 et 2009, utilisé 2 500 produits contenant 750 composants chimiques. Plus de 650 de ces produits contiennent des composants connus pour leur effet cancérigène, selon les critères américains appliqués à l'eau potable (le *Safe Drinking Water Act*), ou sont des polluants atmosphériques... Peut-on se passer de ces produits, utilisés sans discernement ? La question est à ce jour sans réponse convaincante.

La France aura peut-être besoin des gaz de schiste. Elle importe 98 pour cent de son gaz. La dépendance de notre pays est donc élevée. Le prix du gaz payé par le consommateur dépend de contrats à long terme indexés sur le prix du pétrole, lui-même élevé. En outre, notre consommation de gaz va croître. Ainsi, le réseau électrique français RTE prévoit l'installation d'une puissance de 4,8 gigawatts (l'équivalent de trois centrales EPR) dans les prochaines années sous forme de turbines à gaz à cycle combiné. Et des centrales à gaz classiques auront à compenser les irrégularités de l'éolien et du solaire.

Alors même que l'énergie nucléaire est fragilisée par l'accident de Fukushima, notre pays peut-il renoncer à la recherche de ressources énergétiques sur son sol ? Notre avenir énergétique est précaire et la précaution voudrait que l'on analyse toutes les ressources potentielles. Le contraire serait inconséquent et imprudent. Les gaz de roche constituent, au moins pour certains pays, une ressource future. Mais il faut d'abord savoir comment se passer des produits chimiques qui polluent à long terme l'eau et les sols.

Bernard TARDIEU est membre de l'Académie des technologies et y préside la commission Énergie et changement climatique.

LES PRODUITS CHIMIQUES que l'on ajoute à l'eau constituent manifestement un problème.

collecté. Pour que les fissures ne se referment pas dès que la pression de l'eau baisse, on injecte du sable fin ou de minibilles de céramique en même temps que l'eau. Leur présence dans les fissures empêche celles-ci de se refermer, de sorte que le gaz continue de s'échapper. Les foreurs injectent aussi différents produits chimiques (acides, fluidifiants, etc.) pour obtenir une fissuration plus efficace.

Les forages à grande profondeur, classiques, peuvent être parfaitement étanches et traverser les nappes phréatiques sans les perturber. On peut contrôler ces forages, déceler leurs points faibles et les réparer à l'aide de techniques variées et éprouvées. Un puits qui fuit est un puits mal fait et mal contrôlé !

Généralement, arrivé dans la couche d'argilite, le forage est coudé, avec une courbure compatible avec la souplesse des tubes, et est prolongé horizontalement jusqu'à plusieurs centaines de mètres. La technique des forages horizontaux est utilisée pour explorer et exploiter une vaste zone à partir d'un site unique, par exemple une plateforme d'exploitation du pétrole dans le cas de l'offshore profond.

En résumé, on peut et on doit garantir l'intégrité des puits. On peut limiter l'emprise au sol grâce aux forages horizontaux et préserver les paysages. Reste la



MUSÉUM NATIONAL
D'HISTOIRE NATURELLE

Biodiversité



The Natural History of Santo
edited by
Philippe Bouchet,
Hervé Le Guyader
& Olivier Pascal

Les îles du Pacifique sont célèbres pour le très haut niveau d'endémisme et la grande vulnérabilité de leurs faunes et de leurs flores. L'île d'Espirito Santo, ou Santo, cumule les superlatifs : la plus grande et la plus haute du Vanuatu, Santo est un extraordinaire microcosme géographique et culturel, avec récifs, grottes, montagnes, îles et îlots satellites, et une occupation humaine qui remonte à 3 000 ans. Renouant avec l'esprit des « Grandes Expéditions Naturalistes », l'expédition Santo 2006 avait mobilisé sur le terrain plus de cent cinquante scientifiques, bénévoles et étudiants de vingt-cinq pays. Petit tour de force éditorial avec plus de 100 auteurs, ce *Natural History of Santo* est un éloge de la biodiversité de cette « île-planète ». À la fois beau livre richement illustré et bilan des connaissances scientifiques, *Natural History of Santo* se veut un outil de connaissance pour sa conservation durable. Il s'adresse autant aux acteurs locaux du développement et de l'éducation qu'aux naturalistes du monde entier.

ISBN : 978-2-85653-627-8 • format 210 x 297 mm
texte en anglais • impression quadrichromie
nombreuses photos • 544 p. • 59 € TTC

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DU MUSÉUM

Commandes et renseignements :
Muséum national d'Histoire naturelle
Publications scientifiques
Case postale 41 • 57 rue Cuvier • 75231 Paris cedex 05
Tél. : 01 40 79 48 05 • Fax : 01 40 79 38 40
diff.pub@mnhn.fr • <http://www.mnhn.fr/pubsci>