

Risques

L e s c a h i e r s d e l ' a s s u r a n c e

● Une grande entreprise face aux risques

◆ Gérard Mestrallet

● Le poids de la fiscalité sur l'assurance

◆ Étienne Caniard
◆ Étienne Charpentier
◆ Emmanuel Roux
◆ Côme Segretain
◆ Michel Taly
◆ Philippe Trainar

● Les gaz de schiste une solution alternative ?

◆ Patrick Artus
◆ Philippe Charlez
◆ Jean-Marie Chevalier
◆ Jérôme Courcier
◆ Patrice Geoffron
◆ Jean-Claude Perdignes
◆ Dominique Venet

● Études et débats

◆ Philippe Aigrain
◆ Hippolyte d'Albis
◆ Arnaud Boudesseul
◆ Arthur Charpentier
◆ David Dror
◆ Olivier Dubois
◆ Patrice Geoffron
◆ Christian Hess
◆ William Hosack
◆ Anaar Kara
◆ Antoine Lefébure
◆ Jean-Marc Manach
◆ Pierre Martin
◆ Pierre-Charles Pradier
◆ Thierry van Santen
◆ Pierre-Olivier Sur
◆ Sébastien Weber



Comit  ditorial

Jean-Hervé Lorenzi
Directeur de la rédaction

François-Xavier Albouy et Charlotte Dennerly
Société

Pierre Bollon et Pierre-Charles Pradier
  tudes et débats

Gilles Bénéplanc et Daniel Zajdenweber
Risques et solutions

Arnaud Chneiweiss et Philippe Trainar
Analyses et défis

Arielle Texier

Marie-Dominique Montangerand
Secrétaire de rédaction

Comit  scientifique

Luc Arrondel, Philippe Askenazy, Didier Bazzocchi, Jean Berthon
Jean-François Boulter, Marc Bruschi, François Bucchini, Gilbert Canameras
Pierre-André Chiappori, Michèle Cohen, Alexis Collomb, Michel Dacorogna
Georges Dionne, Brigitte Dormont, Patrice Duran, Louis Eeckhoudt, François Ewald
Didier Folus, Pierre-Yves Geoffard, Claude Gilbert, Christian Gollier, Frédéric Gonand
Rémi Grenier, Marc Guillaume, Sylvie Hennion-Moreau, Dominique Henri  t, Vincent Heuzé
Jean-Pierre Indjehagopian, Meglena Jeleva, Gilles Johanet, Ely  s Jouini, Dorothée de Kermadec - Courson
Jérôme Kullmann, Dominique de La Garanderie, Patrice-Michel Langlum  , Régis de Larouilli  re
Claude Le Pen, Robert Leblanc, Florence Legros, François Lusson, Florence Lustman, Olivier Mareuse
Pierre Martin, André Masson, Luc Mayaux, Erwann Michel-Kerjan, Alain Moeglin
Marie-Christine Monsallier-Saint-Mleux, Stéphane Mottet, Michel Mougeot, Bertrand Munier
Stéphane Pallez, Carlos Pardo, Jacques Pelletan, Pierre Pestieau, Pierre Petauton, Pierre Picard
Manuel Plisson, Jean-Claude Prager, André Renaudin, Angelo Riva, Christian Schmidt, Côme Segretain
Jean-Charles Simon, Kadidja Sinz, Olivier Sorba, Didier Sornette, Lucie Taleyson, Patrick Thourot
Alain Trognon, François de Varenne, Nicolas Véron, Jean-Luc Wybo, Hélène Xuan

Sommaire - n° 99 -

1. *Société* Une grande entreprise face aux risques

Entretien avec

Gérard Mestrallet, <i>Président-directeur général de GDF Suez</i>	9
---	---

2. *Risques et solutions* Le poids de la fiscalité sur l'assurance

Gilles Bénéplanc, <i>Introduction</i>	17
Michel Taly, <i>L'impact des changements de fiscalité sur les entreprises d'assurance</i>	19
Côme Segretain, <i>Vingt ans d'impôts sur les bénéfices des grandes entreprises d'assurance européennes</i>	23
Philippe Trainar, <i>Quel rôle pour la fiscalité de l'épargne et de l'assurance vie ?</i>	29
Étienne Caniard et Emmanuel Roux, <i>Les enjeux fiscaux des organismes complémentaires d'assurance maladie</i>	35
Étienne Charpentier, <i>Captives et fiscalité : quels risques pour les entreprises ?</i>	41

3. *Analyses et défis* Les gaz de schiste, une solution alternative ?

Charlotte Dennerly, <i>Introduction</i>	49
Patrick Artus, <i>Les effets macroéconomiques du gaz de schiste</i>	51
Philippe Charlez, <i>La révolution américaine des énergies non conventionnelles</i>	57
Jean-Marie Chevalier et Patrice Geoffron, <i>La compétitivité européenne victime des hydrocarbures non conventionnels ?</i> ...	67
Jean-Claude Perdigue, <i>Management des risques liés aux projets de gaz de schiste</i>	74
Jérôme Courcier, <i>Les gaz de schiste : entre rationalité et raisonnable</i>	81
Dominique Venet, <i>Questions-réponses sur le gaz de schiste</i>	87

4. *Études et débats*

Pierre Martin, Séraphin Lampion, <i>l'anti-assureur</i>	97
Arthur Charpentier, <i>Interprétation, intuition et probabilités</i>	101
Christian Hess, <i>Prendre un risque calculé peut faire gagner des années</i>	107

Les débats de Risques

Philippe Aigrain, Antoine Lefebvre, Jean-Marc Manach, Pierre-Olivier Sur et Thierry van Santen, <i>Pour une protection des libertés individuelles et des données personnelles</i>	117
Arnaud Boudesseul, David Dror, Olivier Dubois, William Hosack, Anaar Kara et Sébastien Weber, <i>Faut-il réinventer l'assurance pour l'adapter aux besoins de protection des pays émergents ?</i>	126

Actualité de la Fondation du risque

Hippolyte d'Albis, <i>Vivre plus implique-t-il de travailler plus ?</i>	135
Jean-Hervé Lorenzi et Mickaël Berrebi, <i>Un monde de violences. L'économie mondiale 2015-2020</i> par Pierre-Charles Pradier	139
Philippe Charlez, <i>Our Energy Future is Not Set in Stone</i> par Patrice Geoffron	141

Éditorial

Jamais la revue *Risques* ne s'est confrontée à autant de sujets d'une actualité si brûlante.

Tout en essayant sur chaque sujet de présenter différents points de vue, notre revue s'efforce de viser une grande objectivité. Nous avons souhaité en cette fin d'année 2014 nous interroger sur les éléments structurants de la croissance, et les politiques publiques qui peuvent être menées pour essayer de la redynamiser, au moment où elle semble définitivement atone. Parmi celles-ci, s'imposent en premier lieu la fiscalité de l'assurance et donc celle de l'épargne, le gaz de schiste et la protection des données individuelles. Tout ceci nous ramène au cœur même d'une société fondée sur l'appréhension, le contrôle et la prise de risque.

Il s'agit dans les trois cas d'analyser les aspects positifs et négatifs de politiques menées dans le domaine de la fiscalité, de l'énergie et de la protection des données, de les comparer aux politiques concurrentes pour favoriser la prise de décision. Nous nous appuierons d'abord sur le regard éclairé d'un grand dirigeant français et européen, Gérard Mestrallet. Il est, rappelons-le, à la fois président d'une entreprise énergétique mondiale et défend aussi la promotion d'Europlace, c'est-à-dire le rôle de la place financière de Paris.

Nous avons en premier lieu choisi de nous interroger sur la fiscalité de l'assurance, tant du point de vue des entreprises d'assurance que des mutuelles dites « 45 ». Derrière l'ensemble des interventions passionnantes de cette partie « Risques et solutions », on comprend aisément à quel point une fiscalité favorable dans le domaine de l'assurance contribue à la résolution de deux problèmes fondamentaux de notre société vieillissante : l'épargne et les dépenses de santé.

Le second sujet est encore plus polémique. Chacun connaît les oppositions violentes qui peuvent exister à l'encontre de l'exploitation du gaz de schiste, et la réponse de ceux qui exigent au moins une approche plus fouillée du problème. Au fond, on retrouve là le débat entre ceux qui sont favorables au principe de précaution, et ceux qui considèrent que c'est une véritable régression, un refus du progrès, une méconnaissance totale de l'évolution de la science. Le dossier réalisé dans *Risques* est vraisemblablement l'un des plus talentueux et complets jamais faits sur ce sujet difficile. Après, à chacun de se déterminer en fonction de critères environnementaux mais également économiques.

Le troisième débat porte sur la protection des données personnelles. Des événements récents comme le développement des réseaux sociaux, l'explosion des technologies numériques, l'émergence du big data, tendent à prouver que la question est d'importance, et que le risque de voir l'individu malmené dans les années qui viennent n'est pas du tout négligeable. Ainsi, de la macroéconomie liée au développement de l'assurance et des énergies non conventionnelles, à la microéconomie de l'individu et des réseaux de contraintes auxquels il est soumis, c'est à une véritable description du monde entier à laquelle nous nous sommes livrés, en rappelant à quel point les risques de toute nature en sont l'un des éléments les plus majeurs.

Jean-Hervé Lorenzi

1.

Une grande entreprise face aux risques



■ Gérard Mestrallet

Président-directeur général de GDF Suez

Gérard Mestrallet

Président-directeur général de GDF Suez

Entretien réalisé par Pierre Bollon,
Jean-Hervé Lorenzi et Daniel Zajdenweber.

Risques : Comment GDF Suez voit-il les risques ?

Gérard Mestrallet : Par nos activités dans les secteurs de l'électricité, du gaz et des services à l'énergie, nous sommes exposés à une variété de risques, et pas seulement des risques techniques. Du fait de mon expérience, j'ai connu d'autres risques, dans le secteur bancaire notamment avec la crise immobilière. Donc, la conscience du risque m'a conduit à structurer sa gestion de façon globale en créant dans notre organisation centrale une direction de pilotage des risques, comprenant le management des risques, l'audit interne et le contrôle interne, tous les trois sous la responsabilité d'une même personne, le directeur en charge de l'audit et des risques, également membre du comité exécutif. Cette organisation pilote le processus d'analyse des risques, de définition puis de mise en œuvre des plans d'action.

L'objectif est de savoir prendre les risques qui permettront de créer de la valeur pour le groupe et d'assurer son développement, mais en restant à des niveaux de risques économiquement supportables et socialement acceptables. Notre groupe est décentralisé, ce qui impose d'avoir des mécanismes centraux de pilotage de quelques fonctions-clés – notamment la fonction financière et la gestion des risques. Cette organisation fonctionne bien. C'est également l'avis de notre conseil d'administration et de notre comité d'audit dont le rôle est de tester et de se faire expliquer régulièrement la gestion des risques.

Comment faisons-nous ? Nous passons régulièrement les risques en revue, notamment les risques majeurs,

identifiés et gérés dans un processus *bottom-up*, qui part des entités opérationnelles pour remonter jusqu'au comité exécutif du groupe. Nous demandons à nos responsables d'évaluer la nature, l'impact et la probabilité des risques auxquels sont confrontées les entités dont ils ont la charge. Nous consolidons ensuite ces analyses aux différents niveaux de notre organisation. En fin d'année, après une revue complète, nous déterminons les risques prioritaires pour l'ensemble du groupe. Nous en avons actuellement sept.

Ces risques sont transversaux ; ils couvrent des risques stratégiques (par exemple le risque politique) ou des risques opérationnels (par exemple la sécurité industrielle). Chaque risque prioritaire est placé sous la responsabilité d'un membre du comité exécutif et fait individuellement l'objet d'un examen annuel. Ces risques prioritaires sont enfin examinés par nos administrateurs au sein du comité d'audit, ou du comité de la stratégie et des investissements, ou du comité pour l'éthique, l'environnement et le développement durable. Notre organisation structurée vise à impliquer le top management du groupe et les organes de gouvernance de la société.

Risques : C'est un processus *bottom-up*, mais *top-down* aussi, parce qu'il y a certainement des risques que vous identifiez au niveau du comité exécutif ?

Gérard Mestrallet : Tout à fait. Le premier de nos risques prioritaires, c'est la transformation du secteur électrique en Europe. Il s'est concrétisé assez brutalement. Cela n'a pas fait beaucoup de bruit parce que le système français de régulation des prix a protégé l'opérateur historique, mais partout ailleurs en Europe, où ce n'est plus le cas, le secteur de la production électrique a été impacté brutalement. Près de 300 milliards d'euros de capitalisation ont

disparu dans le secteur. Les opérateurs qui n'agissent qu'en Europe et que dans la production électrique ont été très fortement impactés.

Risques : Cette menace vient du cadre réglementaire européen, ou pas seulement ?

Gérard Mestrallet : C'est d'abord la conséquence de la crise qui a mis la production en surcapacité, à quoi s'est ajoutée la décision des États de subventionner massivement des créations de capacités supplémentaires d'énergies renouvelables. Ces énergies sont achetées à prix fixe et en priorité, quels que soient les prix et l'équilibre offre-demande du marché. De plus, s'est rajouté le développement du gaz de schiste en Amérique du Nord, qui a eu pour effet de faire baisser fortement le prix du charbon américain arrivant en Europe, et par voie de conséquence, d'éliminer quasiment le gaz naturel de la production d'électricité. Par exemple, celui qui installe son éolienne en France est certain que toute l'électricité qu'il produira lui sera achetée à 84 euros par MWh indexés sur l'inflation pendant quinze ans, quels que soient la situation et les prix du marché. On lui achètera quand même à ce prix-là, même s'il y a des excédents d'électricité au moment où il produit, et que les prix instantanés sont très bas, voire dans certains cas négatifs. Inutile de dire que toutes les fluctuations et tous les excédents sont supportés par les autres types de production. Les Français ont construit 7 GigaWatts, c'est la puissance de 7 centrales nucléaires, mais les Allemands dix fois plus. Tout ceci a créé beaucoup de perturbation dans le secteur électrique en Europe.

Risques : Ce risque, vous l'avez vu arriver, en avez-vous eu la perception ?

Gérard Mestrallet : Nous avons fait des travaux au sein de notre comité de politique énergétique il y a trois ans. Nous avons fait une simulation sur la Grande-Bretagne qui était à l'époque un marché peu interconnecté. Nous étions arrivés à la conclusion qu'au-delà de 20 % de capacités renouvelables, apparaissaient des phénomènes d'éviction, non seulement de la production thermique, mais parfois aussi du nucléaire, c'est-à-dire de la production de base.

C'était préoccupant, mais, à ce moment-là, la croissance du renouvelable restait faible. En fait, le problème est venu de l'Allemagne, parce que le développement des énergies renouvelables y a été réalisé à « guichet ouvert ». Tout propriétaire terrien pouvait obtenir de son maire un permis de construire pour une ou dix éoliennes, et il était sûr de toucher vingt ans de subventions. Pour des raisons de politique intérieure, personne n'a arrêté le système. Maintenant, les Allemands font marche arrière. Cela va leur coûter 500 milliards – c'est-à-dire plus que la réunification avec l'ex-Allemagne de l'Est – 25 milliards d'euros par an pendant vingt ans.

Que fait GDF Suez pour traiter ce risque ? D'abord, nous optimisons notre parc de production. Nous avons fermé ou mis sous cocon l'équivalent de presque douze centrales nucléaires, essentiellement des centrales à gaz naturel. Puis nous avons lancé une démarche d'alerte et de sensibilisation très forte, appelée le groupe Magritte. J'ai en effet pris l'initiative de réunir tous les électriciens privés européens. Nous avons posé un diagnostic et préconisé des solutions aux commissaires européens et à tous les chefs d'État. Le nouveau paquet énergie et climat de la Commission européenne a été élaboré sur la base de nos trois grandes propositions : un objectif de réduction de 40 % des émissions de CO₂ à l'horizon 2030, c'est exactement le nôtre ; la réduction des aides au renouvelable par la suppression des prix d'achat garantis pour les énergies renouvelables qui sont compétitives par rapport aux prix de marché. Cette décision est presque prise, parce qu'il s'agit d'aides d'État, qui sont de la compétence exclusive de la Commission. Quant aux mécanismes de rémunération des capacités de production, indispensables pour financer les nouveaux investissements qui accompagneront la relance économique, il y a une position de principe qui va dans le bon sens. Maintenant, il va falloir transformer tout cela en décisions du Conseil européen.

Risques : Quels sont les autres risques ?

Gérard Mestrallet : Le *midstream* gaz (c'est-à-dire l'achat de gaz naturel en gros via des contrats à long

terme à des producteurs de gaz, pour le revendre aux clients finaux) est un métier qui est en train de changer, parce que les producteurs de gaz ont très envie de venir le vendre eux-mêmes. Les prix de l'énergie sur le marché fluctuent beaucoup, en fonction des saisons, des tensions internationales, des zones géographiques et des prévisions de consommation. Nous couvrons en partie ce risque, mais nous acceptons d'en garder une partie : gérer le risque de marché énergie, c'est notre cœur de métier.

Le risque pays et réglementaire est aussi un risque transversal. Nous agissons dans un environnement réglementaire incertain. Historiquement, nous étions essentiellement en Europe. Il y a quinze ans, nous sommes partis à l'international, hors d'Europe. Certains pays présentent des risques importants du fait d'une instabilité politique récurrente. Nous avons décidé de compenser l'existence d'un risque pays par une certaine contractualisation, une sécurisation de nos cash-flows. Par exemple, nous avons décidé de ne pas aller dans l'aval, c'est-à-dire là où on vend de l'électricité ou du gaz aux particuliers, car les tarifs au public sont très sensibles politiquement. Nous avons donc privilégié l'amont, la production d'électricité, où nous signons des contrats de vente à long terme, des *power purchase agreements*, par lesquels nous avons une formule de révision des prix automatique pendant la durée d'amortissement de l'investissement, qui peut être de plusieurs dizaines d'années. Au fil de ces quinze dernières années, nous avons constaté que ce risque pays ne s'est pas concrétisé, du fait de ce choix.

Dans les pays à forte croissance, GDF Suez s'est ainsi beaucoup développé : en électricité, GDF Suez est le 2^e producteur au Brésil, le 1^{er} producteur au Pérou, le 2^e producteur au Chili. Nous sommes le 1^{er} producteur dans tout le Moyen-Orient, le 1^{er} producteur à Singapour, le 2^e en Indonésie, le 2^e en Thaïlande, le 2^e en Australie (qui ne fait pas partie des pays émergents). Depuis quinze ans, après les crises asiatique et latino-américaine, nous n'avons pas eu de problème réglementaire, ni d'effondrement de ces pays.

Contre toute attente, le risque pays a changé de

continent, il est arrivé en Europe où le respect des grands contrats est devenu incertain. C'est le cas en Hongrie aujourd'hui, en Belgique, et même en France. Quand l'État n'a pas voulu respecter l'indexation du tarif de gaz naturel aux clients particuliers, nous sommes allés devant le Conseil d'État. Quatre arrêtés ministériels ont été annulés et à présent, le système fonctionne. Donc les risques réglementaires sont aujourd'hui en Europe, certains risques pays aussi. Les pays émergents ne sont pas tous en bonne santé, mais ceux qui vont très bien ont accumulé des excédents. Ils ont donc considérablement amélioré leur profil de risque. Voilà un autre risque que nous gérons. C'est un bon exemple de risque transversal.

Risques : Quel est le rôle du comité exécutif dans ce domaine ?

Gérard Mestrallet : Le comité exécutif supervise les risques transversaux que nous gérons avec toutes les branches. Et c'est complètement lié à la stratégie. Notre stratégie aujourd'hui se résume en deux phrases : d'une part, être l'énergéticien de référence dans les pays à croissance rapide, et d'autre part, être leader de la transition énergétique en Europe.

Au titre du premier objectif, nous sommes leader mondial pour la production indépendante d'électricité depuis le rachat, il y a trois ans, du numéro deux mondial, qui était International Power : notre position est donc très forte. Le deuxième pilier de notre développement, c'est le gaz naturel liquéfié, le GNL, pour lequel là aussi, nous avons construit notre développement au niveau mondial. Et une décision récente de notre conseil d'administration, en février dernier, a été d'inclure dans ce développement mondial deux autres activités : les infrastructures gazières et les services d'efficacité énergétique. Ensuite, plusieurs questions se posent. Parle-t-on de tous les pays ? Que privilégie-t-on au titre du risque pays et du risque réglementaire ? Y a-t-il des zones dans lesquelles nous ne devons pas dépasser un certain niveau d'exposition ? Par exemple, au Brésil, nous sommes le premier investisseur français et un des tout premiers investisseurs internationaux. Nos résultats commencent à représenter une part significative, ce qui nous expose.

Nous y serons donc attentifs dans notre politique d'investissement dans ce pays. Pour l'instant, nous terminons un très grand barrage qui aura la puissance de près de trois EPR.

Les risques projets sont aussi un risque prioritaire pour GDF Suez, car notre développement se fait pour l'essentiel par la construction de grands projets. Nous avons créé une direction des grands projets rattachée au directeur financier, membre du comité de direction générale. Nous avons ainsi fortement renforcé la fonction de pilotage des risques et de supervision de la construction de nos projets.

Le risque prioritaire suivant concerne les achats. Une véritable transformation de la fonction achat est en cours dans le groupe, parce que c'est une source d'économies importante, en optimisant la définition du besoin au départ et en globalisant les achats sur l'ensemble du groupe. Le coordinateur de ce risque en est le directeur des achats. Les enjeux sont importants. Il faut aussi avoir une approche consolidée pour gérer le risque de dépendance vis-à-vis de nos fournisseurs stratégiques, ou à l'inverse, pour être capable de développer des nouvelles technologies en partenariat avec eux. Les économies d'achat représentent presque 50 % des montants de notre programme de réduction de nos coûts, Perform 2015 : c'est donc un levier important.

Risques : Pouvez-vous nous parler du risque de réputation ?

Gérard Mestrallet : Oui bien sûr, mais avant, je voudrais évoquer le risque de sécurité industrielle au sens large. Nous avons des activités potentiellement risquées, comme l'exploitation de centrales nucléaires, la production d'hydrocarbures, les installations de transport et de distribution de gaz, ou certaines activités de services parfois. Définir la sécurité comme un risque prioritaire, c'est la positionner comme une priorité absolue du management. La culture de sécurité est développée de manière très forte au plus près du terrain. Nous étudions des scénarios d'accidents, parfois extrêmes, pour en évaluer les conséquences pour le groupe, en partant

notamment des grandes catastrophes qui sont arrivées. Par exemple, la pollution d'hydrocarbures dans le Golfe du Mexique, et toute la gestion qui en a été faite, sont des éléments que nous avons regardés de près. Cette gestion du risque industriel comprend à la fois toutes les démarches structurées, notamment par la direction de la santé et de la sécurité, en matière de maîtrise du risque industriel au sens large, du risque environnemental et du risque de santé-sécurité au travail ; et c'est aussi la préparation en termes de plan de crise et de capacité du management à réagir rapidement et efficacement en situations difficiles. Nous insistons aussi sur la cyber-sécurité : la protection des données sensibles, de tous les fichiers clients, de toutes les références bancaires. Également sur la protection des systèmes de contrôle industriels de toutes nos installations. La cyber-sécurité, c'est une course-poursuite technologique contre les hackers.

Reste donc le risque de réputation. On le sait, il faut beaucoup de temps pour construire une réputation, qui peut être irrémédiablement détruite par un seul événement. Nous déclinons ce risque selon les valeurs du groupe : tout ce qui concerne l'éthique, le respect des engagements, la crédibilité, l'excellence opérationnelle. Pour nous, être un opérateur reconnu pour son excellence opérationnelle en termes d'efficacité et de sécurité – nous y revenons – est très important. Et notre légitimité d'opérateur est essentielle pour nous : cela renforce notre capacité à trouver des partenaires locaux sur quasiment tous nos projets à l'international dans les différents pays où nous travaillons : c'est un atout. Cela se sait et cela permet d'en trouver d'autres et d'être même, dans certains cas, recherché pour des partenariats par des groupes locaux. La réputation est une valeur intangible pour les entreprises, c'est un actif de l'entreprise.

Risques : Quels sont pour vous, les nouveaux risques ? En avez-vous une idée précise ?

Gérard Mestrallet : C'est toujours compliqué de voir frémir un risque et de se dire : dans deux ans, dans trois ans il sera présent. Mais cette vigilance nous permet de développer notre capacité à mettre en perspective les nouveautés, à prendre du recul sur des

évolutions émergentes. Pour nos activités, il s'agit par exemple de l'énergie décentralisée, du stockage de l'énergie, du développement du big data, de toutes ces nouvelles technologies.

Typiquement, parmi les évolutions en émergence, je citerai le vieillissement de la population et les impacts possibles pour les entreprises en termes de réaménagements de postes ou de parcours dans la vie professionnelle. Cette évolution peut en même temps créer des opportunités, avec de nouveaux services à développer.

Risques : Votre gestion met le risque au premier plan. Cela ne bride-t-il pas le groupe ?

Gérard Mestrallet : L'objectif, c'est que cette démarche de management des risques serve l'ensemble des décisions de nature stratégique et de long terme ou de nature opérationnelle, et ne soit pas perçue comme un processus imposé par le groupe ; que ce soit vraiment une approche à la fois de vigilance, de réflexion et d'action au plus près du terrain ; et d'être bien sûr dans une boucle d'apprentissage. Nous faisons en sorte que nos managers intègrent complètement ce processus d'analyse des risques dans leur prise de décision. D'une manière générale, le groupe

est dans une logique de développement. Le fait d'avoir des process pour bien identifier les risques des projets ne limite pas le flux des projets, mais l'oriente. Et pour des aspects plus « nouveau business », une enveloppe a été affectée au niveau du groupe, avec la volonté d'avoir un volant d'investissement pour le capital risque, pour soutenir des start-up qui développent de nouvelles technologies et de nouveaux services dans nos métiers.

Risques : Avez-vous des assurances spécifiques ?

Gérard Mestrallet : L'assurance est un des moyens de gérer nos risques. Pour les risques très diffus et de faible intensité, les risques de fréquence, nous pratiquons principalement l'auto-assurance, notamment via une captive. Mais, dès qu'il s'agit de risques importants pour nos installations, pour les tiers ou pour l'environnement, nous avons des programmes très développés d'assurance. Ils sont spécifiques à nos activités telles que le nucléaire, le maritime, l'exploration et la production d'hydrocarbures (E&P), ou plus globaux comme la couverture des dommages et des pertes d'exploitation, la responsabilité civile des mandataires sociaux... C'est pour nous un des éléments de bouclage de l'analyse : optimiser nos programmes d'assurance par rapport à nos risques.

2.

Le poids de la fiscalité sur l'assurance

■ Gilles Bénéplanc

Introduction

■ Michel Taly

L'impact des changements de fiscalité sur les entreprises d'assurance

■ Côme Segretain

Vingt ans d'impôts sur les bénéfices des grandes entreprises d'assurance européennes

■ Philippe Trainar

Quel rôle pour la fiscalité de l'épargne et de l'assurance vie ?

■ Étienne Caniard et Emmanuel Roux

Les enjeux fiscaux des organismes complémentaires d'assurance maladie

■ Étienne Charpentier

Captives et fiscalité : quels risques pour les entreprises ?

INTRODUCTION

Gilles Bénéplanc

Peu de sujets sont autant débattus que celui de la fiscalité, mais force est de constater que les échanges sont souvent plus passionnés et tranchés que clairs et argumentés.

La rubrique « Risques et solutions » de ce numéro est consacrée au sujet de la fiscalité de l'assurance. Elle analyse l'influence du cadre fiscal sur l'industrie de l'assurance et de la réassurance, et montre que les caractéristiques de ce secteur doivent être prises en compte de manière spécifique par les pouvoirs publics.

Les impératifs de toute politique fiscale sont connus : rendement, équité, incitation des agents économiques vers les comportements jugés optimum. Sur certains points, l'assurance n'est pas tout à fait une industrie comme les autres. Le cœur de ce métier consiste en une gestion mutualisée des risques dont la performance se mesure notamment par le faible niveau des chargements qui s'ajoutent à la prime de risque (qui sert à payer les sinistres). La fiscalité entre bien sûr dans ces chargements ; un niveau trop élevé risque de détourner les agents économiques des marchés d'assurance, ce qui peut poser problème pour les assurances à caractère social comme la santé et la prévoyance. L'assurance vie également joue un rôle central dans le comportement des Français en matière d'épargne et par conséquent dans le financement des entreprises.

La rubrique s'ouvre sur l'article de **Michel Taly** qui étudie l'impact, sur le secteur de l'assurance, des baisses d'impôts annoncées dans le cadre du pacte de

responsabilité. Il montre que les priorités affichées par le facteur « baisse des taxes de production, soutien en faveur des PME-PMI et des bas salaires » sont plutôt défavorables aux professions financières. A terme, il existe donc un risque de perte de compétitivité et d'attractivité du secteur de l'assurance.

Côme Segretain analyse de façon détaillée l'impôt sur les bénéfices payés par les grands assureurs européens sur la période 1994-2013. Son étude, qui se fonde sur les données comptables consolidées des assureurs appartenant à l'indice DJ Stoxx 600, souligne la forte volatilité inter-temporelle entre périodes de crises et périodes de développement, mais aussi la volatilité intergroupes. Enfin, l'internationalisation des groupes fait converger les taux effectifs d'imposition, quel que soit le pays d'origine de l'assureur.

Philippe Trainar étudie la question de la fiscalité de l'épargne et de l'assurance vie en France. Il souligne que pour mesurer l'impact de la politique fiscale sur l'économie, le bon indicateur est le taux marginal de taxation de l'épargne. Cet article montre que la fiscalité de l'épargne et de l'assurance vie est à un niveau trop élevé en France en comparaison de ce que font nos partenaires européens, mais aussi au regard des défis que doit relever l'économie française.

L'article de **Étienne Caniard** et **Emmanuel Roux** se penche sur la fiscalité qui pèse sur les organismes complémentaires d'assurance maladie (Ocam). Après avoir souligné l'importance du rôle des Ocam dans l'accès aux soins, les auteurs regrettent la forte hausse de la fiscalité qui leur est appliquée, ce qui rend

plus difficile l'accès au marché des complémentaires santé et par là même, l'accès aux soins pour certaines catégories de la population.

Enfin, **Étienne Charpentier** clôt cette rubrique en étudiant les risques fiscaux inhérents à l'utilisation d'une captive. Il rappelle l'importance des captives,

qui sont des sociétés d'assurance ou de réassurance créées par une entreprise pour couvrir ses propres risques, dans les politiques de risk management des grandes entreprises. Leur utilisation efficace nécessite une analyse précise des contextes juridique et fiscal, mais également de la nature des transferts de risques effectués vers ces structures captives.

L'IMPACT DES CHANGEMENTS DE FISCALITÉ SUR LES ENTREPRISES D'ASSURANCE

Michel Taly

Avocat associé, Arsene-Taxand

Le pacte proposé par le gouvernement aux entreprises repose sur trois partis pris qui sont globalement défavorables au secteur de l'assurance : une priorité à la baisse des taxes sur la production, un calendrier privilégiant les entreprises petites, moyennes et de taille intermédiaire par rapport aux grandes entreprises et un ciblage de la baisse des charges sociales en faveur des bas salaires. Avec constance, le législateur considère que les activités financières n'ont pas de problèmes de rentabilité et peuvent supporter sans inconvénient un haut niveau de charges fiscales et sociales. Cette erreur d'analyse occasionne des pertes d'emplois « au fil de l'eau », certes moins spectaculaires que des fermetures d'entreprises industrielles, mais qui pèsent lourd et justifieraient un rééquilibrage de la politique fiscale.

Dans le cadre du « pacte » proposé au début de l'année par le président de la République aux entreprises, celles-ci vont bénéficier de baisses de leurs charges fiscales et sociales. Ces mesures ne sont pas ciblées en faveur d'un ou des secteurs d'activité (ce que, au demeurant, les règles communautaires ne permettraient pas), mais le but affiché est d'accroître la compétitivité des entreprises françaises soumises à la concurrence internationale.

Même si toutes les mesures annoncées, dont l'entrée en vigueur va s'étaler de 2015 à 2017, voire au-delà, ne sont pas encore votées ni même connues avec précision, il est déjà possible d'évaluer leur

impact et de se demander quel sera leur effet sur les entreprises d'assurance. Les mesures du « pacte » reposent sur trois partis pris très forts :

- une priorité accordée à la baisse des taxes sur la production plutôt qu'à la baisse du taux de l'impôt sur le bénéfice des sociétés ;
- un calendrier privilégiant les PME/ETI par rapport aux grandes entreprises ;
- un ciblage de la baisse des charges sociales en faveur des bas salaires.

Quel est l'effet de ces partis pris pour les entreprises d'assurance ?

La priorité à la baisse des taxes sur la production

Depuis des années, les gouvernements successifs (qu'ils soient de droite ou de gauche) s'obstinent à proposer aux entreprises une baisse du taux de l'impôt sur le bénéfice des sociétés (IS), alors que, régulièrement, les organismes qui représentent ces dernières demandent plutôt une baisse des taxes qui grèvent la production. Cette divergence d'approche est compréhensible : pour les pouvoirs publics, le taux de l'IS a une forte visibilité, alors que les taxes sur la production sont difficilement comparables d'un pays à l'autre. Pour les entreprises, au contraire, ces taxes, peu visibles, peuvent constituer un handicap de compétitivité massif (leur montant total dépasse celui de l'IS !), et elles font de leur baisse une priorité.

Dans un premier temps, la cible privilégiée des organisations patronales a été la taxe professionnelle. Le remplacement de celle-ci par une taxe sur la valeur ajoutée s'est accompagné d'une baisse sensible du montant global. Cette baisse globale a toutefois profité aux différents secteurs de l'économie de façon inégale. De nombreuses entreprises du secteur de l'assurance, qui bénéficiaient du plafonnement de la taxe professionnelle en fonction de la valeur ajoutée, n'ont pas observé de baisse de leurs charges à l'occasion de la réforme, le total des deux nouvelles taxes (contribution sur la valeur ajoutée et contribution foncière) étant légèrement supérieur au montant de l'ancienne taxe professionnelle après plafonnement.

Cette fois, le choix s'est porté sur la contribution sociale de solidarité des sociétés (C3S). Cette contribution est calculée sur le chiffre d'affaires. Cette assiette est très contestable car elle ne mesure pas la capacité contributive des entreprises, le chiffre d'affaires n'ayant pas la même signification économique pour une activité d'achat/revente ou pour une activité de prestation de service. Malgré son taux faible (0,16 % du chiffre d'affaires), la C3S pèse lourdement sur les activités à faible marge.

Paradoxalement, le secteur de l'assurance fait partie des activités pénalisées, à cause de la définition du chiffre d'affaires. Économiquement, l'assurance est une prestation de service : la prime versée ne correspond pas au paiement d'un bien ou d'un service, mais à la mutualisation d'un risque ; seule une faible partie de cette prime couvre les frais de fonctionnement de l'assureur. La capacité contributive d'un assureur n'est donc pas mesurée selon le montant des primes perçues. En considérant la totalité de ces primes comme un chiffre d'affaires taxable, la C3S pénalise lourdement le secteur de l'assurance.

Celui-ci ne peut donc qu'accueillir favorablement la disparition de cette taxe. Cela dit, la priorité donnée à la baisse des taxes pesant sur la production plutôt qu'à une baisse de l'impôt sur le résultat est plus discutable pour ce secteur que pour les autres activités économiques. En effet, pour une activité industrielle ou commerciale, le taux de l'IS ne joue pas un rôle majeur en matière de compétitivité (l'IS n'est pas réalloué, en comptabilité analytique, aux différents départements d'une société, et ceux-ci n'en tiennent donc pas compte pour négocier un prix) ni même sur le plan de l'attractivité (les directeurs fiscaux des filiales en France de groupes multinationaux sont relativement unanimes pour dire que l'IS influe peu sur les décisions de localisation, contrairement aux coûts de production).

Il en va tout autrement pour les activités financières en général et les activités d'assurance en particulier. En effet, dans le cas d'une transaction élémentaire, qui peut facilement être localisée où l'on veut, il est aisé de calculer un résultat après impôt et le taux de l'IS devient déterminant, tant en matière de compétitivité (les autres coûts étant très proches chez tous les concurrents, c'est l'impôt qui fait la différence) qu'en matière d'attractivité (chaque entreprise n'a pas d'autre choix que de localiser la transaction là où elle est le moins taxée).

La priorité donnée à la C3S sur l'IS, parfaitement justifiée, tous secteurs confondus, est donc plutôt défavorable au secteur de l'assurance.

La priorité aux PME

La suppression de la C3S se fera en trois ans. La technique retenue consiste à créer en 2015 un abattement à la base qui bénéficiera à toutes les entreprises, mais dont l'effet sera bien sûr proportionnellement plus fort pour les plus petites. Cet abattement sera augmenté en 2016, et la contribution ne sera totalement supprimée qu'en 2017. En outre, les trois étapes ne sont pas de même importance : le coût de la mesure votée pour 2015 est évalué à un milliard d'euros, la mesure annoncée pour 2016 devrait avoir un coût équivalent, ce qui laisse un solde de quatre milliards d'euros environ pour la dernière année.

Les grandes entreprises ne profitent donc que très peu de la mesure votée pour 2015, ne profiteront pas beaucoup plus de la mesure annoncée pour 2016 et devront attendre un vote fin 2016 pour voir se concrétiser en 2017 la baisse de charges annoncée. En revanche, ce sont elles qui vont financer en partie la mesure. En effet, la contribution exceptionnelle sur l'IS, qui est due par les entreprises dont le chiffre d'affaires excède 250 millions d'euros, et qui devait disparaître l'an prochain, est prolongée pour un an.

Ces mesures sont d'application générale, mais leur impact est évidemment plus fort dans les secteurs comme les assurances, où la nature de l'activité impose des entités de grande taille.

Le ciblage des bas salaires

L'allègement des charges sociales ciblé en faveur des bas salaires est une constante de notre politique fiscale. Conscients du niveau excessif des charges sociales dans notre pays mais désireux d'éviter d'avoir à réduire fortement les prestations versées, les gouvernements successifs ont toujours concentré leurs efforts sur les bas salaires. Le raisonnement est que le niveau de nos

charges sociales ne pose de problèmes que pour les emplois non qualifiés. Pour les emplois très qualifiés, il peut en revanche être absorbé.

Même s'il a probablement atteint maintenant ses limites, ce raisonnement peut se comprendre pour les salariés dont l'activité est tournée vers le marché domestique. Il est néanmoins totalement erroné pour ceux qui travaillent sur le marché mondial et se trouvent en concurrence avec des salariés qui travaillent dans d'autres pays où les charges sont incomparablement plus faibles.

Ce phénomène est accentué dans les activités financières par la taxe sur les salaires, qui n'existe pas dans les autres pays, et dont le barème progressif vient de s'enrichir d'un taux à 20 % ! Tant que le surcroît de charges sociales en France restait « raisonnable », il était compensé par une plus forte productivité du travail. Mais le différentiel de productivité entre la France et les autres pays ne peut pas croître à l'infini, et, pour certaines activités internationales à haute valeur ajoutée, il n'y a pas d'autre solution que la délocalisation des emplois.

En conclusion, les entreprises d'assurance ont peu à attendre du pacte proposé par le gouvernement aux entreprises : leurs charges spécifiques (notamment la taxe sur les salaires) ne sont pas concernées, et ces entreprises profiteront proportionnellement moins que d'autres secteurs d'activité des mesures générales annoncées. Cela n'est pas dû au hasard. Nos gouvernants et nos parlementaires, quelle que soit leur tendance politique, réservent leur sollicitude à l'industrie et aux PME. L'apport à l'économie du pays (et donc à l'emploi dans le pays) des activités de service en général et des activités financières en particulier est totalement sous-estimé, de même qu'est aussi sous-estimé le caractère insupportable, même pour ces activités réputées « rentables », du niveau de charges sociales et fiscales.

Il est vrai que, dans ces activités, les pertes d'emplois ne sont pas spectaculaires : pas de fermeture brutale

d'un site dans un bassin d'emploi en région, pas de dépôt de bilan, mais des pertes d'emplois sans bruit, « au fil de l'eau », l'entreprise ne pouvant pas développer son activité ou étant contrainte de la développer à l'étranger.

Dans le contexte budgétaire actuel, il est vain d'espérer une inflexion sensible du biais de notre politique fiscale en défaveur des activités financières

en général et des assurances en particulier, ce biais ayant même toutes les chances de survivre à une alternance politique, comme le passé l'a déjà prouvé.

Il nous faut en revanche être vigilants pour que ce biais s'atténue à la faveur de la reprise économique, avec une baisse sensible du taux de l'impôt sur les sociétés et l'atténuation (on n'ose dire « la disparition » !) des impôts spécifiques comme la taxe sur les salaires.

VINGT ANS D'IMPÔTS SUR LES BÉNÉFICES DES GRANDES ENTREPRISES D'ASSURANCE EUROPÉENNES

Côme Segretain

Maître de conférences, IAE de Lille et LEM (UMR 8179)

Cet article présente quelques éléments permettant d'appréhender la complexité des taux et des bases d'imposition aboutissant à la taxation des bénéfices des entreprises d'assurance. Il recherche ensuite les niveaux effectifs de la charge d'imposition sur les vingt dernières années, en utilisant les données comptables consolidées des groupes appartenant à l'indice DJ Stoxx 600. Il distingue les assureurs par origine géographique, l'ensemble des banques et l'ensemble des entreprises tous secteurs confondus. Les données recueillies témoignent de la volatilité intertemporelle et surtout intergroupes des taux d'imposition effectifs, sur une période traversée par trois vagues de profits et deux crises majeures. Les agrégations par secteurs d'activité ne font pas ressortir d'écarts d'imposition systématique des groupes financiers, mais l'effet différencié des années de crise. Les agrégations selon le pavillon ou la « nationalité » des entreprises montrent une convergence des taux effectifs d'imposition dans les années récentes qui s'explique par l'internationalisation des groupes.

Un impôt universel, des modalités particulières

De par sa nature, l'impôt sur les bénéfices des sociétés (IS) est un impôt très cyclique pour les États qui le perçoivent. Le volume des recettes générées varie avec les vagues d'expansion et les années de crise qui marquent les profits. Réciproquement, s'il est une charge pour les entreprises, il a le bon goût d'être une charge variable.

L'IS représente une part significative des différents impôts acquittés par les entreprises d'assurance

françaises. En France, il représente 5 % des primes collectées en assurance dommages et 1 % en assurance vie, soit le quart et le tiers de toutes les taxes versées (taxe sur les salaires, taxe sur la production, C3S ⁽¹⁾, taxe sur les bonis, taxe sur la réserve de capitalisation, taxe CMU, taxe TSCE ⁽²⁾ et contribution économique territoriale), selon les chiffres collectés par le Conseil des prélèvements obligatoires [CPO, 2013].

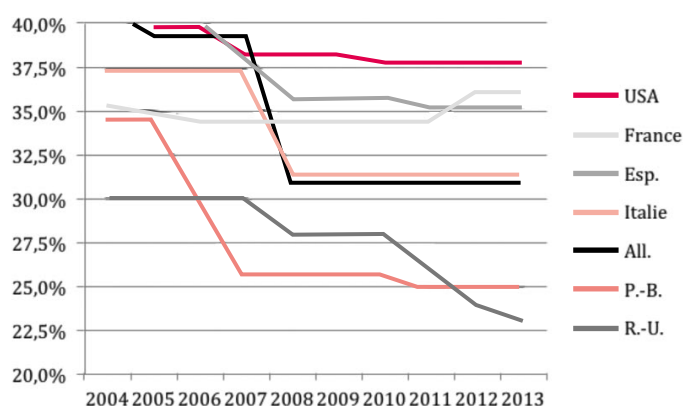
L'IS est payable dans chaque pays par les différents établissements des sociétés de capitaux. Son poids varie selon les différents pays, compte tenu de leur mix fiscal propre (entreprises-ménages) et de la répartition des différents prélèvements pesant sur les entreprises. Il est calculé à partir d'un taux nominal auquel s'ajoutent éventuellement des contributions et

surcharges. Ainsi, en France, pour les bénéfices 2014, le taux nominal sera de 33,1/3 %, auquel s'ajoutent 3,3 % de ce montant comme contribution sociale sur les bénéfices et une contribution exceptionnelle réservée aux sociétés dont le chiffre d'affaires dépasse 250 millions d'euros, augmentée cette année à 10,7 % ; soit un taux statuaire total de 37,96 %. Ajoutons pour l'assurance en France la taxe sur les bonis ⁽³⁾ et la taxe sur la réserve de capitalisation, qui rattrapent des effets de décalage d'IS.

L'assiette est en France déterminée à partir du résultat comptable des comptes sociaux. La liasse fiscale intègre un état de passage au résultat fiscal (imposable), comportant diverses réintégrations, déductions et le mécanisme du report des déficits ⁽⁴⁾. Parmi les réintégrations et déductions, citons les moins et plus-values imposées à 19 %. Pour l'assurance, il faut mentionner que le résultat comptable et donc fiscal intègre un certain niveau de plus ou moins-values latentes.

■ Une grande variabilité des taux applicables

Graphique 1 - Taux d'IS applicables par pays (2004-2013)



Source : ZEW [2014].

Sur les dix dernières années, on constate dans l'ensemble et sauf en France une baisse des taux d'IS (graphique 1). Elle est marquée au Royaume-Uni et aux Pays-Bas, et sensible en Allemagne et en Italie. Le

cas de la France montre qu'un taux fort ne signifie pas systématiquement un rendement fiscal élevé, compte tenu des dégrèvements que peut comporter l'assiette et des divers crédits d'impôts. Avec un taux applicable de 15 points inférieur, le rendement de l'IS au Royaume-Uni est identique [CAE, 2014].

Antagonisme prudentiel et fiscal

L'IS est un sujet de controverse ancien dans l'assurance, du fait d'écarts dans le dimensionnement des profits entre les doctrines prudentielles et fiscales et du fait de différences de traitement selon le statut juridique des entreprises ⁽⁵⁾.

La réglementation prudentielle prévoit un provisionnement prudent, afin que les engagements envers les assurés ne soient pas minimisés. De plus, une ponction fiscale excessive venant amputer résultats et fonds propres est contraire aux objectifs généraux et à l'architecture de la surveillance prudentielle, organisés sur la robustesse des fonds propres des compagnies, que ce soit dans Solvabilité I ou dans Solvabilité II.

L'administration fiscale poursuit un objectif de rendement, en recherchant des contributions au budget de l'État. Plus encore que pour un actionnaire, cet objectif concerne d'abord le court terme. D'un point de vue comptable, cela induit un biais pour la maximisation du résultat imposable, qui se traduit par une certaine suspicion sur le volume des provisions. Nous avons donc, d'une part, une réglementation prudentielle et une autorité de contrôle qui souhaitent que les provisions ne soient pas minimisées, et, d'autre part, une législation et une administration fiscale qui souhaitent que les provisions ne soient pas surestimées.

L'IS est calculé à partir des données comptables sociales, données soumises aux impératifs prudentiels. De façon générale, l'article 38 quater du Code général des impôts (CGI), qui stipule que « les entreprises

doivent respecter les définitions édictées par le plan comptable général [sauf disposition contraire du CGI] », s'applique mutatis mutandis aux entreprises qui relèvent d'un plan comptable particulier comme le Code des assurances (6). Néanmoins, les doctrines fiscales et prudentielles étant construites de façon autonome, il a existé et il existe encore des écarts, notamment en ce qui concerne certaines provisions.

Selon l'article 39 du CGI, « les provisions constituées en vue de faire face à des pertes ou des charges nettement précisées et que des événements en cours rendent probables » sont déductibles. Dès lors, une provision prise globalement ou considérée comme ne concernant pas l'exercice en cours est réintégrée dans l'assiette de l'IS : ainsi une partie de la provision pour risque d'exigibilité des engagements techniques et une partie des provisions pour participations bénéficiaires différées (7) ne sont pas admises en franchise d'impôt. À la suite d'un contentieux fourni et ancien [FFSA, 1997], la reconnaissance des définitions prudentielles par la doctrine fiscale a progressé ; on peut citer la provision globale de gestion ou la provision pour égalisation, qui sont désormais déductibles.

Mesure des niveaux d'imposition effectifs

Nous recherchons les niveaux d'imposition sur les bénéfices effectivement acquittés sur les vingt dernières années par les groupes d'assurance européens cotés. Nous les comparons à ceux des groupes bancaires et à ceux des groupes cotés tous secteurs confondus, puis présentons les données pour certains pays (Royaume-Uni, France, Allemagne, Suisse, Benelux, Bermudes).

La charge d'IS apparaît dans les comptes consolidés sous l'intitulé « impôts sur les résultats ». Dans les annexes, elle est détaillée en impôt exigible et impôt différé. Elle est également ventilée en impôt dû dans le pays de résidence et en impôts redevables à l'étranger.

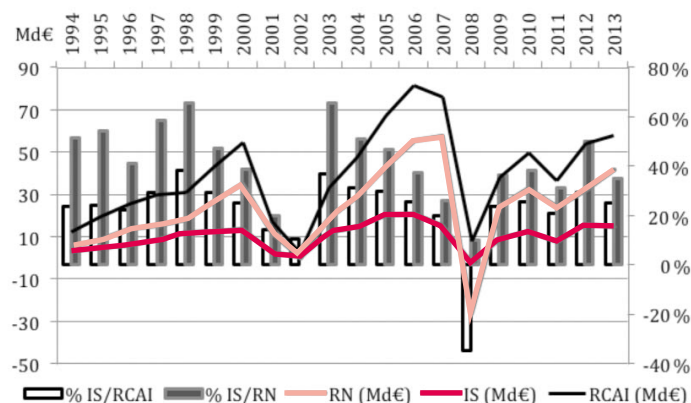
En revanche, l'assiette de l'impôt n'apparaît pas. En effet, l'IS est calculé au niveau des différentes sociétés constituant le groupe, résidant dans des pays différents et éventuellement intégrées fiscalement. Cela n'empêche pas de mener des comparaisons sur la charge que représente l'IS pour ces différents groupes. Il est d'usage de rechercher le taux effectif de l'IS en rapportant sa charge au résultat courant avant impôts (RCAI), agrégat pris comme un estimateur de l'assiette de l'IS et apparaissant sous des libellés tels que « résultat net des opérations courantes avant impôts », comme chez AXA en 2011, « résultat courant avant impôts » ou « *income before tax* » (comptes 2013 d'Allianz), « *profit before tax* » (comptes 2011 d'Aviva). Parfois le RCAI n'apparaît pas directement (comptes 2011 de CNP), on peut le reconstituer en additionnant le résultat net de l'ensemble consolidé et la charge d'impôt.

La base Datastream communique pour les groupes cotés un *pretax income*. En interrogeant cette base sur vingt ans pour tous les groupes constituant le DJ Stoxx 600 (les 600 plus grands groupes européens cotés, dont 38 assureurs et 47 banques), on peut calculer un taux effectif d'imposition par groupe. Nous avons également rapporté directement la charge d'impôt au résultat net. S'ils capturent le même phénomène, ces deux taux ne sont pas pour autant redondant. D'une part, l'égalité $RN = RCAI - IS$ est loin d'être toujours respectée. D'autre part, plutôt que de rechercher la comparaison avec les taux statutaires d'imposition, on exprime directement avec le résultat net le poids de l'impôt comme une charge pour le groupe. Enfin, les résultats nets sont définis de façon plus homogène dans le temps et entre les différents groupes, alors que les résultats courants avant impôts n'incluent pas toujours les mêmes éléments. Ainsi, chez certains groupes, on trouve plusieurs niveaux de résultats courants (avant ou après quote-part de résultat mis en équivalence, avant ou après charges de financement, incorporant éventuellement le résultat des activités abandonnées).

La série des données concernant les 38 assureurs et les 47 banques regroupe des groupes originaires de

la zone euro, du Royaume-Uni, de Suisse, de Norvège, de Suède, du Danemark, des Bermudes et de Tchéquie. Les données « tous secteurs » ne concernent que des groupes (298) de la zone euro.

Graphique 2 - Taux d'imposition effectifs, résultats et impôts cumulés par année (1994-2013) pour 38 groupes d'assurance européens cotés



Sources : données consolidées (Datastream) ; taux de change annuels Insee ; calculs de l'auteur pour le cumul annuel des 38 groupes d'assurance (vie, non-vie et réassurance) appartenant à l'indice DJ Stoxx 600.

■ Variabilité marquée des taux effectifs d'imposition par année et par entreprise

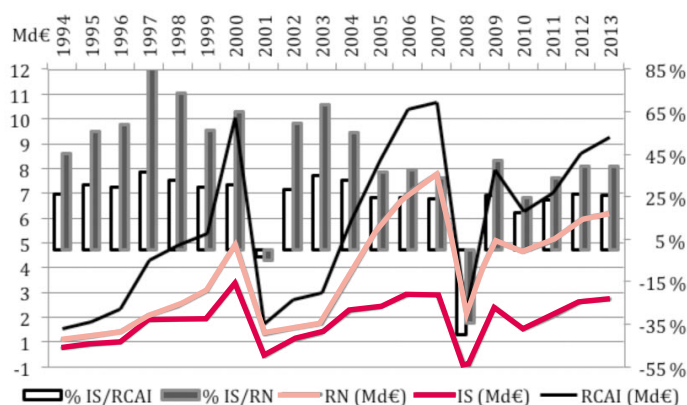
Le graphique 2 met en évidence trois vagues de progression des profits pour les groupes d'assurance européens se terminant respectivement en 2000, 2007 et 2013 (sans présager de 2014). Il fait ressortir les deux pics inversés de 2002 (profits nuls) et 2008 (profits lourdement déficitaires : - 27 Md€). En 2008, la charge d'IS est négative à - 2,6 Md€.

Le taux effectif d'IS (rapporté au résultat courant) de la vague de profits en cours (2009-2013) ressort à 25 %, contre 27 % pour les deux vagues précédentes. On voit que les taux effectifs d'imposition de l'échantillon sont assez variables d'une année à l'autre (écart-type de 15 % pour les deux mesures du taux). La volatilité intertemporelle des taux d'imposition est évidemment encore plus marquée pour chaque groupe pris individuellement, avec une médiane des écarts-

types de la charge d'imposition par groupe à 37 %. Enfin, la volatilité des taux d'imposition interentreprises est également très forte, si bien que l'écart-type sur l'ensemble des données (20 ans x 38 groupes) ressort à 117 %, tiré, il est vrai, par des valeurs non significatives (résultats faibles et taux très élevés).

■ Fortes similitudes entre les assureurs français et européens

Graphique 3 - Taux d'imposition effectifs, résultats et impôts cumulés par année (1994-2013) pour les groupes d'assurance français cotés

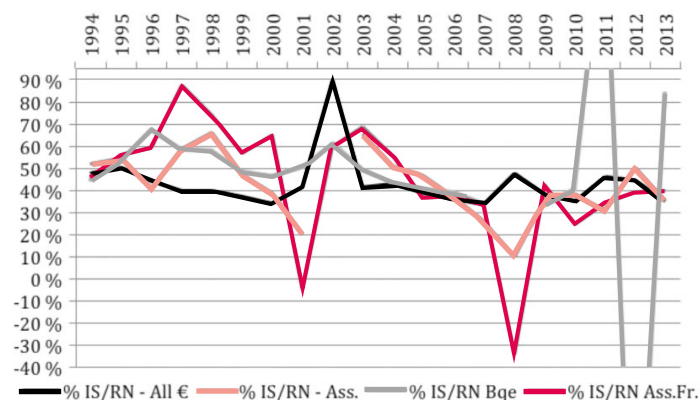


Sources : données consolidées (Datastream) ; calculs de l'auteur pour le cumul annuel des 3 groupes français (AXA, CNP et Scor) appartenant à l'indice DJ Stoxx 600.

L'échantillon d'assureurs français présente un profil de graphique (graphique 3) identique au précédent portant sur l'échantillon d'assureurs européens. On retrouve les trois mêmes périodes de profits coupées par les ruptures de 2002 et 2008. Pour cette dernière année, la charge d'IS est négative (- 700 M€). On retrouve également une baisse des taux d'imposition sur la période en cours relativement aux deux précédentes, plus marquée si l'on regarde la charge d'IS en proportion du résultat net qu'au travers du taux d'imposition rapporté au résultat courant. Au total, sur vingt ans, ces trois groupes ont tout de même acquitté près de 27 Md€ d'IS, soit 26 % de leurs résultats courants et 41 % de leurs résultats nets cumulés.

■ Comparaisons sectorielles

Graphique 4 - Charge d'IS rapportée au résultat net des groupes européens cotés



Sources : données comptables consolidées recueillies sur Datastream ; taux de change annuels Insee ; calculs de l'auteur pour le cumul annuel des 38 groupes d'assurance (vie, non-vie et réassurance), des 48 groupes bancaires, des 298 groupes zone euro appartenant à l'indice DJ Stoxx 600. Taux non significatifs sortis : 2002 pour les assureurs, 2008 pour les banques.

Le graphique 4 fait ressortir que les secteurs financiers (banque ou assurance) étaient plus imposés que l'ensemble des 298 groupes de référence (zone euro) dans les années 1990. Depuis 2003 et hors années exceptionnelles, les taux d'imposition des secteurs financiers ont convergé avec les taux tous secteurs. Sur l'ensemble des vingt années, la charge d'IS ressort à 49 % pour les groupes bancaires, à 43 % pour les groupes d'assurance, à 41 % pour les groupes d'assurance français et à 40 % pour les groupes de la zone euro tous secteurs.

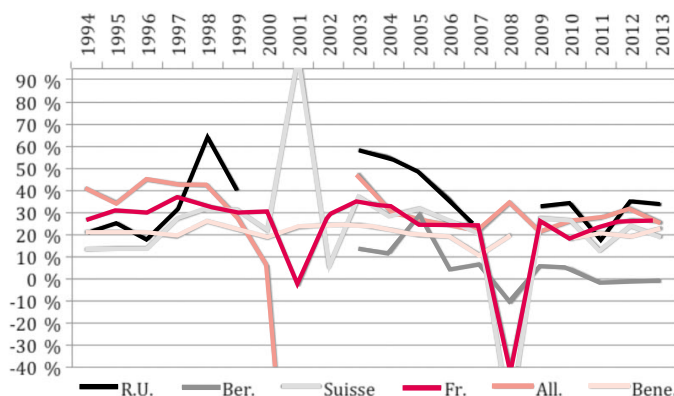
Les années 2002 et 2008 se sont traduites respectivement par une imposition nulle et une imposition négative pour les assureurs, liées aux moins-values et dépréciations sur le portefeuille de titres. Il est frappant de remarquer que la courbe de charge d'impôt du groupe d'assureurs français suit sur toute la période celle du groupe d'assureurs européens, avec des pics plus prononcés en 2002 et 2008.

La charge d'imposition des banques était plus linéaire jusqu'aux années 2011 (169 %), 2012 (chiffre non significatif de -164 % lié aux pertes de 8 Md€ du secteur) et 2013 (83 %). Elle est difficilement interprétable pour ces dernières années.

Le pic d'IS en 2002 pour l'ensemble des 298 groupes tous secteurs de la zone euro n'est qu'apparent. Il est lié aux faibles profits de cette année, marquée par de lourdes dépréciations d'écarts d'acquisition non déductibles de l'IS. On relève que les pics d'IS de l'assurance sont inverses de ceux de l'échantillon tous secteurs (2001-2002, 2003, 2008).

■ Resserrement des taux effectifs d'imposition selon la « nationalité » des groupes

Graphique 5 - Taux d'imposition effectifs (rapportés au résultat courant) selon le pavillon des groupes d'assurance – Royaume-Uni, France, Allemagne, Suisse, Benelux, Bermudes



Sources : Impôts sur les résultats et résultats courants consolidés recueillis sur Datastream ; taux de change annuels Insee ; calculs de l'auteur pour le cumul annuel des groupes d'assurance (vie, non-vie et réassurance) par « nationalité ». Taux non significatifs sortis : 2002 pour les groupes allemands et suisses, 2000, 2001, 2002 et 2008 pour les britanniques, 2009 pour le Benelux.

Par pays, sur le cumul de la période (1994-2013), le taux effectif d'imposition (rapporté au résultat courant) ressort à 33,8 % pour les douze groupes

britanniques cumulés, à 25,5 % pour les cinq groupes suisses et les trois groupes français, à 25,0 % pour les trois groupes allemands, à 19,4 % pour les quatre groupes du Benelux et à 3,6 % (!) pour les deux groupes bermudiens (graphique 5 p. 27). Ce dernier cas particulier mis à part, il ressort que les taux d'imposition des groupes par « nationalité » ont convergé à mesure de leur internationalisation et apparaissent bien plus resserrés sur la période récente (2009-2013) qu'auparavant.

Notes

1. C3S : contribution sociale de solidarité des sociétés.
2. TSCA : taxe spéciale sur les conventions d'assurance.
3. La taxe sur les bonis de liquidation des provisions de sinistres à payer est à rattacher directement à l'IS. Elle a été instaurée pour éviter que les provisions de sinistres à payer ne soient excessives. Elle frappe, après liquidation des sinistres, les éventuels bonis de liquidation (provisions constituées > indemnités) d'un intérêt de retard (0,4 % par mois) sur le paiement de l'IS qui serait intervenu en l'absence de bonis au moment du (sur) provisionnement, plutôt qu'à sa reprise (la liquidation du sinistre).
4. Il est généralement possible d'imputer ses pertes sur les profits des autres années, ce qui explique des charges d'impôt négatives en cas de pertes au niveau du groupe. En France, on peut opter entre le report en avant ou le report en arrière limité à un an.
5. Les bénéfices des activités à but lucratif – qui entrent en concurrence avec le secteur marchand – des mutuelles et des institutions de prévoyance sont progressivement soumis à l'impôt depuis 2012, pour une imposition complète en 2014 (loi de finances rectificative du 28 décembre 2011). Mentionnons qu'il existe des questions particulières propres à ces structures, comme le traitement partagé des droits d'adhésion en produit (imposable) ou en apport en fonds propres (déductible).
6. Une circulaire du 29 juin 1926 justifie que les sommes provisionnées selon le Code des assurances soient déductibles : « [seules] les sommes affectées en sus de la dotation nécessaire aux réserves mathématiques et de garantie, et, en sus de la

dotation normale, aux réserves pour risques en cours et pour sinistres ou échéances à régler [sont réintégrées dans le bénéfice imposable] ». Ce principe a été renouvelé par la direction de la législation fiscale à la FFSA en mai 2012, dans un courrier reconnaissant la déductibilité des provisions mathématiques pour garantie plancher lorsqu'elles sont calculées conformément aux recommandations de l'ACP.

7. « Considérant que “la participation aux bénéfices attribuée aux bénéficiaires des contrats lorsqu'elle n'est pas payable immédiatement après la liquidation de l'exercice qui les a produites, peut faire l'objet d'une provision déductible, seulement à la condition qu'elle soit versée aux assurés dans les huit exercices suivant sa constitution ou affectée aux provisions mathématiques”, le Conseil d'État a estimé que les cotisations supplémentaires devaient être remises à la charge de la SMABTP. » Cf. E. Bernard [2011].

Bibliographie

- BERNARD E., « Impôt sur les sociétés : provision pour participation aux bénéfices », *L'Argus de l'assurance*, 11 mars 2011. Disponible en ligne : <http://www.argusde-lassurance.com/reglementation/jurisprudence/impot-sur-les-societes-provision-pour-participation-aux-benefices.48569>
- Conseil d'analyse économique (CAE), « Renforcer l'harmonisation fiscale en Europe », note n° 14, juillet 2014. Disponible en PDF : <http://www.cae-eco.fr/IMG/pdf/cae-note014.pdf>
- Conseil des prélèvements obligatoires (CPO), « Les prélèvements obligatoires et les entreprises du secteur financier », rapport, janvier 2013. Disponible en PDF : <http://www.ccomptes.fr/Publications/Publications/Les-prelevements-obligatoires-et-les-entreprises-du-secteur-financier>
- Fédération française des sociétés d'assurances (FFSA), « Provisionnement des risques : comment concilier règles prudentielles et règles fiscales », Les Entretiens de l'assurance, 1997. Disponible en PDF : <http://www.ffsa.fr/sites/upload/docs/application/pdf/2010-04/atelier7annee1997.pdf>
- Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), “Effective Tax Level Using the Devereux-Griffith Methodology, Intermediate Report 2013”, février 2014. Disponible en PDF : http://ec.europa.eu/taxation_customs/resources/documents/common/publications/studies/effective_taxes.pdf

QUEL RÔLE POUR LA FISCALITÉ DE L'ÉPARGNE ET DE L'ASSURANCE VIE ?

Philippe Trainar

Chief Economist et conseiller spécial du président, Scor

La fiscalité de l'assurance vie, la fiscalité de l'épargne et la fiscalité du capital se chevauchent. Certes, elles ne renvoient pas immédiatement aux mêmes prélèvements mais, en cumulé, elles ne font que combiner dans des proportions différentes les mêmes prélèvements : l'impôt sur les sociétés, l'impôt sur le revenu, l'impôt sur la fortune, les impôts locaux et la fiscalité sur les successions. Si les particularités des différents prélèvements ont leur importance, elles l'ont surtout au regard des objectifs poursuivis par l'État [Berger et Lefèvre, 2013]. Au regard des conséquences générales sur l'économie, leur importance se mesure tout à la fois par rapport au taux moyen de taxation de l'épargne, pondéré par le poids des différents régimes fiscaux, et par rapport au taux marginal de taxation de l'épargne, une fois saturés tous les plafonds des dispositifs ciblés. Nous verrons que ce poids est, de façon générale, excessif tant par rapport à ce qu'une fiscalité optimale recommanderait que par rapport aux défis propres de l'économie française.

Le poids des prélèvements fiscaux sur l'épargne

On peut se demander pourquoi se référer au taux marginal une fois saturés les plafonds des différents dispositifs ciblés de soutien à l'épargne, alors que ces dispositifs ciblés répondent à des objectifs de politique économique qui visent, en théorie, à optimiser le financement de l'économie. En pratique, le financement direct et indirect de l'économie par les ménages dépend essentiellement des plus gros épargnants qui

saturent en général les différents dispositifs fiscaux de l'épargne et dont le comportement marginal n'est donc pas altéré par ces dispositifs. De fait, le quintile supérieur de la distribution détient l'essentiel de la fortune financière française et, surtout, la quasi-totalité des actifs risqués qui sont la cible privilégiée des dispositifs fiscaux existants [Arrondel *et al.*, 2014]. Ceci n'est d'ailleurs pas une spécificité française : on la retrouve dans les autres pays européens [Arrondel *et al.*, 2014]. Les taux moyens et marginaux de taxation, une fois saturés les plafonds des dispositifs ciblés, ne donnent donc pas une vision erronée de l'efficacité de notre taxation de l'épargne financière, notamment celle de l'assurance vie.

Le taux implicite de taxation du capital calculé par la Commission européenne, qui inclut l'ensemble des taxes pesant sur le capital (taxes sur les flux, y compris les plus-values, et sur le stock de capital, mobilier et immobilier, des entreprises et des personnes physiques) donne une bonne idée du niveau moyen de taxation et de son évolution. En 2012, il s'élevait à 46,9 %, soit le niveau le plus élevé en Europe, devant l'Italie qui se situe, à 37 %, significativement en dessous de la France [Commission européenne, 2014]. L'augmentation de ce taux a été de 6,6 points depuis 2000, soit la seconde plus forte hausse en Europe, juste derrière l'Italie, sachant que dans les deux tiers des pays européens ce taux a diminué. Si l'on exclut les taxes sur le stock de capital, qui sont particulièrement élevées en France, le taux implicite de taxation des revenus du capital, y compris plus-values, se situe à 25,7 %, soit le second niveau le plus élevé d'Europe, derrière l'Italie (26,5 %). Son augmentation a été de 2,8 points depuis 2000 soit, là aussi, la seconde plus forte hausse en Europe, juste derrière l'Italie, sachant que dans les deux tiers des pays européens ce taux a diminué.

Les taux marginaux de taxation, une fois saturés les plafonds des dispositifs ciblés, ne font que renforcer le tableau d'une forte spécificité française. Les taux marginaux supérieurs d'imposition qui pèsent sur les loyers de l'investissement locatif, les intérêts, les dividendes et les plus-values mobilières s'élèvent à respectivement 62 %, 58 %, 55 % et 40 % [Artus, Bozio et Garda-Penalosa, 2013]. Seule l'assurance vie échappe à ces taux élevés de taxation : le cumul de la CSG, de la CRDS et du prélèvement forfaitaire libératoire s'y élève à 23 %. Certaines poches de l'investissement locatif et certains plans d'épargne financière bénéficient de dispositifs dérogatoires très ciblés, en général plafonnés, qui permettent de ramener le taux de taxation à des niveaux de l'ordre de 30-40 % (Scellier, etc.), voire de 0-15,5 % (DSK, etc.).

Ce tableau synthétique des taux marginaux souligne la situation à la fois disparate et atypique de la France en Europe, avec des taux d'imposition du capital et de l'épargne excessivement élevés et croissants.

Il révèle aussi un pan trop souvent négligé de la fiscalité de l'épargne et du capital en France : sa complexité. Il la sous-estime cependant dans la mesure où il faudrait ajouter à la multiplicité des impositions l'instabilité structurelle de celles-ci. De fait, sans programme hypersophistiqué, il est impossible d'optimiser fiscalement son épargne. L'assurance vie est la seule modalité d'optimisation aisément accessible aux ménages français.

Une taxation de l'épargne modérée ?

Le niveau, particulièrement élevé de la taxation de l'épargne en France, est justifié par différents arguments socio-économiques, où la redistribution joue un rôle déterminant :

- l'argument d'équité : les revenus de l'épargne devraient être traités de la même façon que les revenus du travail et de l'activité dès lors que les prélèvements concernés visent à financer la dépense publique en général ou des dépenses de redistribution. La taxation des revenus de l'épargne dans les mêmes conditions que la taxation des revenus de l'activité permet de ne pas distordre les choix d'investissement des ménages aux dépens du capital humain dont les rendements sont taxés avec la rémunération du travail. La limite de cet argument d'équité tient au fait que l'éligibilité à certaines de ces dépenses publiques ou sociales est déterminée par le fait de travailler et non par celui d'épargner ;
- l'argument d'égalité : imposer l'épargne permet de taxer les ménages les plus fortunés et de réduire les inégalités économiques, sachant que les inégalités de patrimoine amplifient les inégalités de revenu d'activité (ceci resterait vrai même dans l'hypothèse où le patrimoine serait intégralement formé à partir de l'accumulation de revenus issus du travail). La limite de cet argument d'égalité tient à sa nature même : il repose sur des prémisses philosophico-politiques (l'égalité économique est supérieure

socialement à l'inégalité économique) et peu sur ses bienfaits économiques qui sont incertains ;

- l'argument assurantiel : une bonne part des inégalités tient aux fluctuations des revenus individuels d'une période sur l'autre, elles-mêmes liées à des accidents de parcours favorables ou défavorables. La fiscalisation des revenus de l'épargne permet d'absorber une partie de ces fluctuations, de réduire la volatilité des revenus après impôts et donc d'améliorer le bien-être économique. La limite de cet argument assurantiel tient au fait qu'il n'a pas vocation à justifier la fiscalité du capital (seule la dépense publique peut justifier un prélèvement qui reste une charge pour les ménages concernés), mais à nous sensibiliser à la variance des revenus nets de l'épargne qui est inférieure à celle des revenus bruts.

La fiscalité de l'épargne en général et celle de l'assurance vie en particulier posent toutefois des problèmes économiques très sérieux qui ont en général conduit les économistes à recommander l'exonération des revenus de l'épargne ou, à tout le moins, leur taxation modérée, notamment par comparaison à la taxation des revenus du travail et de l'activité [Bernheim, 2002] :

- l'argument de la concurrence internationale : avec la mondialisation et la libération des mouvements de capitaux, le capital est devenu un facteur extrêmement mobile au niveau international. Les États sont en concurrence pour attirer les capitaux et stimuler l'investissement et la croissance domestique. La fiscalité est un élément déterminant dans cette concurrence. La règle de taxation optimale dite de « Ramsey-Boiteux » recommande d'imposer à taux réduits les facteurs fortement élastiques à la charge fiscale, en l'occurrence le capital, et de concentrer l'imposition sur les facteurs peu élastiques, en l'occurrence le travail [sur la quantification de l'élasticité de l'épargne à la fiscalité cf. Saez, Slemrod et Seth, 2012 ; Alan, Atalay, Crossley et Jeon, 2009]. La limite de cet argument de concurrence internationale tient au fait que les États pourraient s'entendre pour l'éliminer et imposer, de concert, une taxation alourdie de l'épargne ;

- l'argument de la taxation de l'inflation : en général, l'assiette de la fiscalité de l'épargne est constituée par la totalité du revenu de l'épargne, alors qu'une partie de ce revenu vise à couvrir la dérive inflationniste et à préserver le pouvoir d'achat de l'épargne accumulée. Il n'y a aucune légitimité à taxer cette fraction du revenu. Historiquement, l'inclusion de celle-ci dans l'assiette imposable conduit à doubler le taux de taxation effectif des revenus de l'épargne. Ainsi, le cumul des prélèvements fiscaux et sociaux en assurance vie atteint-il 23 %, mais ce taux correspond, pour une rémunération équivalente à la rémunération moyenne des obligations d'État sur les quinze dernières années, à un taux effectif de taxation de 46 % qui n'a rien d'avantageux puisqu'il est équivalent au taux maximum de l'impôt sur le revenu. Si ce taux peut paraître avantageux, ce n'est que par rapport au taux de prélèvement de 58 % qui est supporté par l'épargne financière classique et qui correspond à un taux effectif totalement confiscatoire de 116 %. Cette incohérence de la taxation de l'épargne a été pointée depuis longtemps par de nombreux experts au niveau tant national [Observatoire européen de l'épargne, 2013 ; Artus *et al.*, 2013] qu'international [Tanzi, 1989] ;

- l'argument de la double, voire triple taxation de l'épargne : comme le revenu qui sert à financer l'épargne initiale a, en général, déjà été taxé, l'imposition du revenu de cette épargne aboutit à une situation de double taxation. On peut effectivement parler de double taxation de l'épargne dans ce cas car, plutôt que d'épargner, il vaudrait mieux, pour les personnes concernées, consommer systématiquement la totalité de leur revenu d'activité et faire fluctuer leur offre de travail d'une année sur l'autre de façon à ajuster leur rémunération à leur consommation immédiate. Cela leur permettrait d'être moins taxées. Malheureusement, il n'est guère possible de laisser l'offre de travail fluctuer significativement d'une année sur l'autre, à la fois en raison de la rigidité de notre marché du travail, qui ne permet pas d'espérer que la demande de travail s'adapte correctement, et en raison du vieillissement, qui détériore la capacité de travail des agents économiques et limite les possibilités de substitution intertemporelle de la charge de

travail. De fait, le vieillissement constitue un des principaux motifs d'épargne. En outre, la fluctuation de l'offre de travail, même si elle était possible, aurait un coût significatif en termes de bien-être économique pour les agents par rapport à la plus grande stabilité de l'offre qu'autorise la possibilité de constituer une épargne. Certains experts prétendent que la double taxation ne concernerait que la fraction du revenu de l'épargne qui couvre l'inflation [Artus *et al.*, 2014], mais ceci n'est vrai que si l'on ignore la taxation du revenu d'activité qui a servi à financer l'épargne initiale. Un raisonnement analogue fait ressortir une triple taxation de l'épargne héritée, avec des effets similaires en termes de perte de bien-être économique ; il justifie pleinement l'exonération des droits de succession prévue dans le cas de l'assurance vie dont on rappelle qu'elle permet de compenser au niveau du foyer la perte de revenu résultant du décès anticipé du soutien de famille.

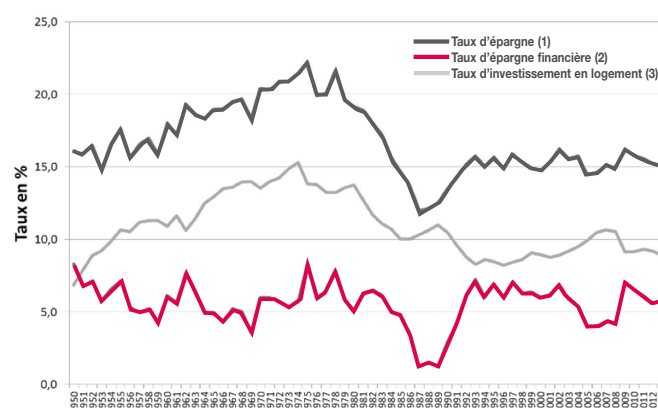
Répondre aux défis de l'économie française

Des considérations pratiques plus immédiates viennent s'ajouter aux considérations économiques générales présentées ci-dessus, pour plaider en faveur d'une taxation nulle ou particulièrement modérée des revenus de l'épargne, notamment de l'assurance-vie, en France. Elles ont trait à l'insuffisance structurelle de l'épargne financière domestique par rapport aux besoins propres du pays, qui est imputable à cinq facteurs principaux :

- le volume réduit de l'épargne financière des ménages français : quand on parle du taux d'épargne élevé des ménages français, il faut bien voir que l'essentiel de cette épargne est affecté à l'accession à la propriété et plus précisément au remboursement des emprunts immobiliers. Cette affectation prioritaire résulte de l'insuffisance de l'offre de logement locatif, elle-même imputable tant à la sur-réglementation du secteur locatif qu'à la fiscalité extrêmement lourde qui pèse sur les revenus de l'investissement locatif (comme

on l'a vu ci-dessus). Il est clair que cette situation, combinée à la fiscalité de l'épargne financière que nous avons décrite plus haut, explique la désaffection des ménages français à l'égard des placements financiers. Et, même si l'assurance vie capture une part essentielle des placements induits par l'épargne financière des ménages, elle n'en est pas moins, elle aussi, concernée par cette désaffection ;

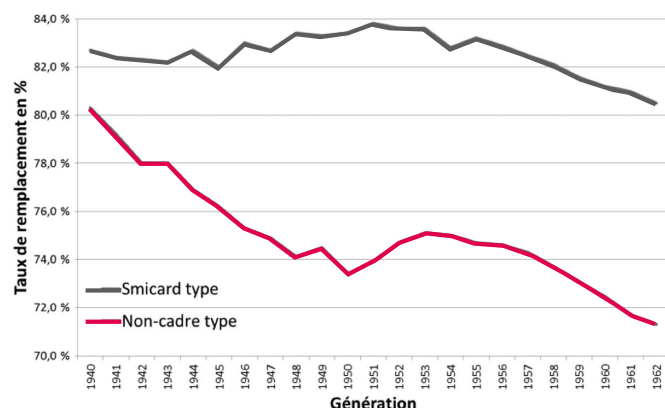
Figure 1 - Épargne des ménages français



Sources : Insee, comptes nationaux.

- les perspectives de notre système de protection sociale sur le long terme : si notre système de protection sociale a jusqu'ici incité les ménages à peu épargner pour la retraite, les difficultés grandissantes qu'il rencontre justifieraient au contraire un effort accru d'épargne financière de la part des ménages pour préserver leur niveau de vie à la retraite. Grevée par le problème de l'âge de la retraite et emportée dans la spirale de la redistribution, notre couverture vieillesse se dirige, par touches successives, vers un système « beveridgien » de pension minimum, coincé entre d'une part un minimum vieillesse en progression et une retraite du smicard très faiblement décroissante, d'autre part un montant maximum des pensions en fort déclin. Cela signifie que les classes moyennes et supérieures doivent impérativement épargner, notamment dans le cadre de l'assurance vie, pour éviter une chute brutale de leur niveau de vie au moment du passage à la retraite. Cette nécessité s'impose avec d'autant plus d'urgence que les vraies réformes sont repoussées et que les perspectives de retraite des jeunes générations s'assombrissent (voir figure 2 p. 33) ;

Figure 2 - Taux de remplacement à la retraite

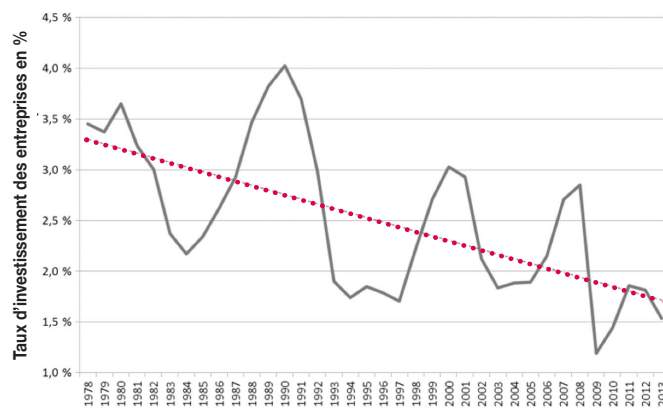


Source : Conseil d'orientation des retraites, rapport 2014 (moyenne des scénarios prolongeant les tendances passées).

- l'insuffisance de l'investissement productif : en termes de FNCF (la formation nette de capital fixe, net de l'amortissement, à bien distinguer de la FBCF – formation brute de capital fixe), le taux d'investissement a chuté constamment depuis la fin des années 1970, et se situe aujourd'hui à 1,5 % du PIB, un pourcentage qui n'est pas cohérent avec un maintien de la croissance économique au niveau qui était le sien avant la crise (voir figure 3 ci-contre). L'investissement est une variable clé pour la croissance et pour la qualité de cette croissance, notamment pour les gains de productivité. Or, sans une incitation puissante à l'épargne financière, on ne voit pas comment les entreprises françaises trouveront les fonds nécessaires pour financer un rebond de la croissance, sachant que les étrangers n'investiront dans les entreprises françaises que pour autant que les Français y investiront eux-mêmes, et que, suite aux nouvelles réglementations bancaires, les banques vont augmenter leur ponction sur le marché des fonds propres ;

- le besoin de financement et de refinancement croissant de l'État : la ponction de l'État sur les marchés des capitaux pour financer la progression de la dette publique nationale reste orientée à la hausse. Dans ses prévisions de juillet 2014, le FMI ne prévoyait pas de stabilisation de la dette publique française en pourcentage du PIB avant 2016, date à laquelle la

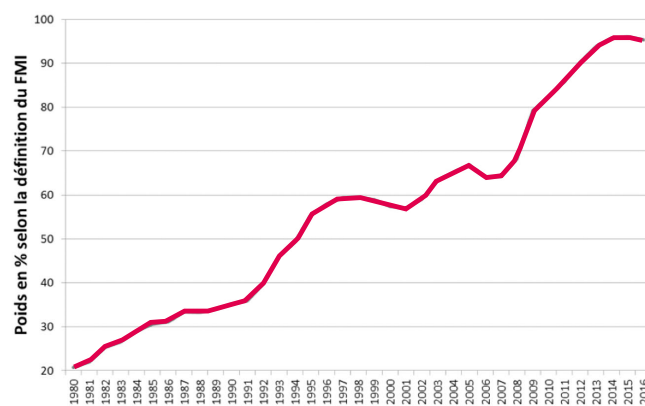
Figure 3 - Taux d'investissement net des entreprises françaises



Sources : Insee, comptes nationaux et calculs de l'auteur.

dette aurait augmenté de 50 % par rapport à son niveau d'avant la crise. Ces prévisions paraissent aujourd'hui optimistes. L'effort de financement de l'État vient s'ajouter à celui requis pour relancer l'investissement et plaide, lui aussi, en faveur d'une fiscalité de l'épargne financière fortement incitative ;

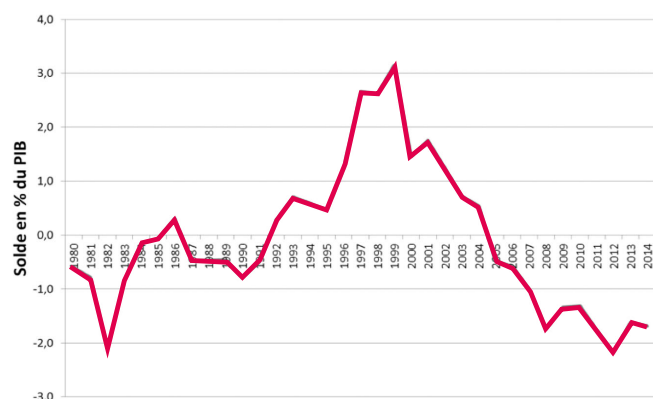
Figure 4 - Poids de la dette publique dans le PIB



Sources : FMI, base de données et prévisions du WEO (World Economic Outlook) d'avril 2014.

- le déficit extérieur du pays : la dégradation continue du solde de nos paiements courants depuis le début des années 2000 signale un profond déséquilibre de la politique macroéconomique française en faveur de la consommation immédiate et plaide, elle aussi, pour un rééquilibrage significatif en faveur de l'épargne et de l'investissement (voir figure 5 p. 34).

Figure 5 - Solde des paiements courants de la France



Sources : FMI, base de données et prévisions du WEO (World Economic Outlook) d'avril 2014.

Bibliographie

ARRONDEL L. ; BARTILORO L. ; FESSLER P. ; LINDNER P. ; MATHÄ T. Y. ; RAMPAZZI C. ; SAVIGNAC F. ; SCHMIDT T. ; SCHÜRZ M. ; VERMEULEN P., "How do Households Allocate their Assets? Stylised Facts from the Eurosystem Household Finance and Consumption Survey", European Central Bank, document de travail n° 1722, 2014.

ARTUS P. ; BOZIO A. ; GARCIA-PENALOSA C., « Fiscalité des revenus du capital », notes du Conseil d'analyse économique n° 9, 2013.

BERGER K. ; LEFEBVRE D., « Dynamiser l'épargne financière des ménages pour financer l'investissement et la compétitivité », rapport au Premier ministre, 2013.

BERNHEIM B. D., "Taxation and Saving", in Handbook of Public Economics, 2002.

POTERBA J., "Taxation, Risk-taking and Household Portfolio Behavior", in Handbook of Public Economics, 2002.

POTERBA J., "Taxation and Portfolio Structure: Issues and Implications", in Household Portfolio, MIT Press, 2001.

Commission européenne, "Taxation Trends in the European Union", 2014.

Observatoire européen de l'épargne (OEE), « Impact économique de la fiscalité de l'épargne », 2013.

SAEZ E. ; SLEMROD J. B. ; Gieritz S. H., "The Elasticity of Taxable Income with Respect to Marginal Tax Rates: A Critical View", *Journal of Economic Literature*, vol. 50, n° 1, 2012, pp. 3-50.

ALAN S. ; ATALAY K. ; CROSSLEY T. F. ; JEON S-H., "New Evidence on Taxes and Portfolio Choices", document de travail n° 33, Centre for Financial Analysis & Policy, Cambridge University, 2009.

TANZI V., "Inflation, Indexation and Interest Income Taxation", Banco Nazionale del Lavoro, 1989.

LES ENJEUX FISCAUX DES ORGANISMES COMPLÉMENTAIRES D'ASSURANCE MALADIE

Étienne Caniard

Président de la Mutualité française

Emmanuel Roux

Directeur général de la Mutualité française

Les organismes complémentaires d'assurance maladie (Ocam) ont vécu un véritable choc fiscal au fil des mesures prises par les pouvoirs publics ces dernières années, sans vue d'ensemble des buts poursuivis à travers cette fiscalité. L'impact de ces mesures fragilise l'accès à une couverture complémentaire et, de fait, l'accès aux soins. La généralisation de la complémentaire santé initiée par les pouvoirs publics rend ainsi impératif une réforme d'ensemble de la fiscalité des Ocam.

La place des Ocam dans le système de santé et leur fiscalité

Aborder la question de la fiscalité qui s'applique aux organismes complémentaires d'assurance maladie (Ocam) nécessite d'abord de rappeler leur place dans le système de santé et d'assurance maladie.

Les Ocam interviennent en « complément » de l'assurance maladie obligatoire (AMO) ; d'une part en complément des remboursements à la charge de l'AMO fixés par les tarifs de la Sécurité sociale (c'est ce qu'on appelle le « ticket modérateur ») ; d'autre part au-delà des tarifs de la Sécurité sociale, l'exemple le plus connu étant la prise en charge de dépassements tarifaires appelés « dépassements d'honoraires ». Ils

interviennent aussi comme financeur principal ou unique pour les dépenses hors du champ de l'assurance maladie (forfait journalier hospitalier, implant...) ou pour lesquelles l'AMO s'est presque totalement déchargée (optique).

Les Ocam en sont venus à occuper une place croissante depuis une vingtaine d'années dans la prise en charge des dépenses de santé en raison de trois facteurs :

- la hausse du ticket modérateur, qui a contribué à transférer des dépenses de l'AMO vers les Ocam ;
- le dynamisme des dépenses peu ou pas remboursées par l'AMO (optique, dentaire, audioprothèses, chambre particulière, etc.) ;
- la déconnexion croissante entre les prix pratiqués par les professions et industries de santé et les tarifs publics, qui a ouvert un espace de « solvabilisation » pour les Ocam.

Aujourd'hui, l'AMO ne prend en charge que 50 % des dépenses de soins courants (hors dépenses relatives aux « affections de longue durée », prises en charge à 100 % par l'AMO pour les dépenses en lien direct avec la maladie... et dans la limite des tarifs Sécurité sociale). La place financière prise par les Ocam a contribué à mettre l'accès à la complémentaire santé au premier plan des préoccupations des pouvoirs publics, depuis la loi créant en 1999 la couverture maladie universelle et la couverture maladie universelle complémentaire, jusqu'à la généralisation de la couverture complémentaire annoncée par le président de la République en octobre 2012.

Le président de la République, en ouvrant le chantier de la généralisation, a mobilisé deux outils fiscaux :

- la rénovation des contrats solidaires et responsables pour que les écarts de taux applicables à la TSCA s'appuient sur des critères réellement différenciants ;
- la refonte des aides fiscales et sociales existantes en matière de complémentaire santé, particulièrement pour le collectif ;

démontrant ainsi l'importance du rôle de la fiscalité sur l'activité des Ocam.

Les finalités de la politique fiscale

Avant d'aborder la question particulière des Ocam, il convient de rappeler brièvement quels sont les objectifs de toute politique fiscale. Bien évidemment, le premier objectif est de garantir un niveau de rendement budgétaire permettant le fonctionnement des services publics au niveau attendu par la collectivité. Il s'agit de la « contribution commune » figurant dans la Déclaration des droits de l'homme et du citoyen (DDHC) de 1798 (« Pour l'entretien de la force publique, et pour les dépenses d'administration,

une contribution commune est indispensable », article 13).

La DDHC introduit également l'idée selon laquelle cette « contribution commune » doit satisfaire à un objectif d'équité ; en effet, « elle doit être également répartie entre tous les citoyens, en raison de leurs facultés. » De fait, l'un des objectifs de la politique fiscale est d'opérer une redistribution en instaurant des différences de taxation en fonction des revenus et de la situation sociale et matérielle des citoyens. Enfin, la politique fiscale peut être mise au service de politiques publiques à travers la notion de « dépenses fiscales » ou de « dépenses sociales » (parfois appelées « niches »). Des modalités particulières de taxation peuvent être justifiées pour encourager certains comportements (par exemple en matière de santé publique ou d'environnement), pour favoriser le développement de tel ou tel secteur économique et social (par exemple en matière de logement).

Ces objectifs peuvent être contradictoires et la politique fiscale doit de ce fait objectiver les options et les conséquences qui sous-tendent les choix en matière de prélèvements. Clairement, un objectif de rendement peut être en contradiction avec un objectif de justice sociale, ou un objectif de justice sociale peut ne pas répondre de manière optimale à un objectif de rendement. On peut également citer les objectifs de lisibilité, de clarté et de stabilité de l'outil fiscal afin de permettre aux agents économiques de construire des stratégies de long terme.

Voyons comment la fiscalité des Ocam répond à ces différents objectifs.

La fiscalité des Ocam

Il faut d'emblée préciser qu'on ne s'intéresse ici aux Ocam qu'à raison de leur activité de « complémentaire santé ». En effet, en tant qu'entreprises, les mutuelles, institutions de prévoyance (IP) ou sociétés d'assurance (SA), sont assujetties à une fiscalité de droit commun, notamment en matière

d'impôt sur les sociétés ou de contribution économique territoriale. Ce régime fiscal unique résulte de l'uniformisation juridique de l'activité d'assurance qui a progressivement supprimé toutes les spécificités fiscales au nom des principes de libre concurrence.

En matière de « complémentaire santé », deux instruments fiscaux spécifiques existent aujourd'hui :

- d'une part, des prélèvements assis sur la souscription de contrats (taxe spéciale sur les conventions d'assurance : TSCA) et sur le chiffre d'affaires des Ocam (taxe de solidarité additionnelle : TSA) ;
- d'autre part, des aides fiscales et sociales pour les contrats collectifs et certains contrats individuels.

En matière de prélèvements, il s'agit de :

- la taxe spéciale sur les conventions d'assurance (TSCA) au taux de 7 % pour les contrats « solidaires et responsables » (et au taux de 14 % pour les contrats non « solidaires et responsables ») ;
- la taxe de solidarité additionnelle (TSA), dite « taxe CMU », de 6,27 % des encaissements relatifs à l'activité de complémentaire santé.

En matière d'aides fiscales et sociales, il s'agit :

- d'exemptions d'assiette des cotisations sociales pour les contributions des employeurs destinées au financement des prestations complémentaires de retraite et de prévoyance (article 83 du CGI) ;
- de déductions du bénéfice imposable concernant les dispositifs de prévoyance des travailleurs indépendants (article 154 bis du CGI dit « dispositif Madelin »).

■ Les prélèvements sur les Ocam

◆ La TSCA

Longtemps, les acteurs historiques de la protection sociale complémentaire – les mutuelles et les institu-

tions de prévoyance – ont été exemptés de fiscalité en raison de leur statut non lucratif. De fait, avant 2002, seuls les contrats complémentaire santé des sociétés d'assurance étaient soumis à une taxe de TSCA de 7 %. Face à cette discrimination fiscale qui menaçait la France d'une action des instances communautaires, les pouvoirs publics pouvaient soit fiscaliser les autres opérateurs (mutuelles et IP), soit exonérer les sociétés d'assurance. En 2002, les pouvoirs publics ont décidé d'étendre à tous les opérateurs le non assujettissement à la TSCA dont bénéficiaient les mutuelles et les IP, à la double condition que les contrats ne prévoient pas le recueil d'informations médicales ni que les cotisations soient fixées en fonction de l'état de santé de l'assuré. Ce dispositif a été renforcé en 2004 en conditionnant le bénéfice de l'exonération à certaines obligations et interdictions de prise en charge dans le cadre du parcours de soins mis en place par la loi du 13 août 2004 portant réforme de l'assurance maladie.

Les pouvoirs publics ont clairement utilisé l'outil fiscal pour encourager la diffusion de contrats « vertueux », dans une double logique d'accès aux soins et de régulation des dépenses de santé. Ce dispositif a été complètement remis en cause en 2011 par le relèvement progressif de la TSCA (en deux temps, de 0 à 3,5 % puis de 3,5 à 7 % pour les contrats responsables) au motif que le dispositif aurait produit ses effets (95 % des contrats des Ocam relèvent de ce régime fiscal). En réalité, la mesure obéissait à un objectif de rendement budgétaire, le produit de la TSCA (plus de 2 Md€) ayant été affecté à la Cnaf et à la CNAMTS, c'est-à-dire à la Sécurité sociale.

Pour maintenir une incitation à diffuser ces contrats vertueux, les pouvoirs publics ont porté à 14 % le taux de TSCA applicable aux contrats non « solidaires et responsables ». Cette double augmentation a de fait abouti à renchérir le coût de la complémentaire santé puisque la TSCA est un droit d'enregistrement dû par le souscripteur du contrat. L'objectif de rendement budgétaire s'est donc inscrit en contradiction avec un objectif d'accès à la complémentaire santé.

◆ La TSA (taxe CMU)

La hausse de la TSCA avait été précédée par l'augmentation massive, à compter de 2008, de la taxe portant sur les Ocam (TSA) et destinée à financer le fonds de financement de la couverture maladie universelle complémentaire dit Fonds CMU. Le Fonds CMU verse aux organismes concernés un montant forfaitaire par bénéficiaire de la CMU-C géré, contribuant au financement de la part complémentaire de celles et ceux qui ont des difficultés financières pour accéder à une couverture complémentaire.

L'État s'est retiré du financement du Fonds (sa subvention, qui couvrait 80 % du financement du fonds en 2000, à son origine, a disparu depuis 2009), alors que la taxe sur les Ocam est passée de 0,75 % à 6,27 % du chiffre d'affaires (la recette correspondante est passée de 569 M€ en 2008 à 2 066 M€ en 2013). Le financement de la CMU-C est ainsi totalement à la charge des Ocam, et donc des souscripteurs de contrats complémentaires.

Or, l'alourdissement des charges des Ocam renchérit mécaniquement le coût de la couverture complémentaire. En faisant financer l'accès des plus démunis à la complémentaire par les détenteurs d'une couverture complémentaire, c'est-à-dire en organisant une solidarité partielle en lieu et place de la solidarité nationale, le mécanisme budgétaire créé pour diminuer les contributions publiques (au premier chef celle de l'État) va de fait aboutir à l'inverse de l'objectif recherché d'accès à la complémentaire santé. Il faudra en effet toujours plus de ressources au Fonds CMU pour compenser la hausse du coût de la couverture complémentaire qui aura été causée elle-même par une augmentation de TSA. Ceci illustre l'effet pervers d'une mesure fiscale introduite pour compenser un désengagement de l'État, et qui se traduit en fait par un recul de la logique solidaire. Il s'agit là d'une parfaite illustration d'une mesure fiscale obéissant à une pure logique de rendement court-termiste et qui fragilise un objectif d'accès aux soins. L'augmentation massive de la TSA en 2008, puis l'augmentation de la TSCA en 2011 ont abouti

de fait à un choc fiscal, le taux de prélèvement passant en trois ans de 2,5 % du CA des Ocam à près de 14 %.

■ Les aides fiscales et sociales

Les aides fiscales et sociales relatives aux contrats collectifs obligatoires représentent un coût de 3 Md€ pour les finances publiques selon le rapport du Haut conseil pour l'avenir de l'assurance maladie (HCAAM). Ces aides ont pu faire l'objet de critiques, d'une part parce qu'elles ne concernent que les salariés alors que les enjeux de couverture complémentaire se situent massivement hors de l'entreprise (retraités, chômeurs, populations précaires), d'autre part en raison de l'effet inflationniste qu'elles ont pu avoir sur l'offre de soins via la souscription de contrats « haut de gamme ». Or, en dépit d'une interrogation sur leur efficacité et leur équité, ces aides ont été renforcées par les conséquences de l'Accord national inter-professionnel (ANI) de janvier 2013 et sa traduction législative dans la loi pour la sécurisation de l'emploi de juin 2013, qui ont rendu obligatoire la couverture complémentaire en entreprise à l'horizon 2017. Le surcoût pour les finances publiques a été estimé à 2 Md€.

Ces décisions posent question eu égard aux objectifs de la politique fiscale. D'une part elles en alourdissent le coût pour les finances publiques, d'autre part elles ne paraissent obéir ni à un objectif de justice sociale (les aides bénéficient massivement aux *insiders*), ni à un objectif d'accès aux soins (il s'agit davantage de substituer un mode de couverture collectif à un mode de couverture individuel que d'augmenter le nombre de personnes couvertes).

L'augmentation du coût pour les finances publiques a conduit le gouvernement à remettre en cause un aspect de ces aides en réintégrant dans la base imposable du salarié le montant de la part patronale de la cotisation. Conscients également qu'ils n'avaient pas procédé à une remise à plat de la fiscalité des Ocam dans le cadre de la généralisation de la complémentaire santé, les pouvoirs publics ont pris date pour traiter de cette question à la rentrée 2014. En effet, l'article 2 de la loi sur la sécurisation de

l'emploi dispose que « le gouvernement remet au Parlement, avant le 15 septembre 2014, un rapport sur les aides directes et indirectes accordées au financement de la complémentaire santé ainsi que sur une refonte de la fiscalité appliquée aux contrats. Il réalise également un point d'étape des négociations de branche en cours. Cette étude de la refonte de la fiscalité est réalisée au regard de l'objectif fixé de généraliser la couverture complémentaire santé à tous les Français, à l'horizon de 2017. »

La refonte de la fiscalité des Ocam est donc devant nous. Elle est d'autant plus impérieuse que les réformes en cours du régime des contrats solidaires et responsables vont singulièrement compliquer l'application des règles fiscales à ces contrats. Sans entrer dans le détail du projet de décret en cours de publication, il est probable que la distinction entre ce qui relève d'une taxation à 7 % ou d'une taxation à 14 % sera parfois particulièrement difficile à établir en raison de la coexistence de plusieurs niveaux de prise en charge (prise en charge obligatoire de dépenses, prise en charge optionnelle en deçà de plafonds, prise en charge optionnelle au-delà de plafonds) au sein d'un même contrat ou de deux contrats distincts (proposé par un seul opérateur ou par plusieurs). De ce point de vue, cette réforme va à l'encontre de la simplification de la règle fiscale. Elle pourrait avoir aussi pour conséquence, en raison des obligations de prise en charge, de pénaliser, par une fiscalité accrue, des contrats d'« entrée de gamme » souscrits par des personnes aux revenus limités. L'objectif d'accès aux soins serait ainsi remis en cause.

Les principes d'une réforme de la fiscalité des Ocam

■ En matière d'accès aux soins

L'objectif de rendement budgétaire est problématique s'agissant d'une part du rapport entre le niveau des recettes de la TSCA et de la TSA (environ 4 Md€), d'autre part du coût pour les finances

publiques des dépenses fiscales et sociales pour la couverture en entreprises (environ 4 Md€ ⁽¹⁾), et enfin des effets sur l'accès aux soins.

En simplifiant, on peut dire que le coût des dépenses fiscales et sociales est compensé par les prélèvements effectués sur les seuls détenteurs d'une couverture complémentaire. Mais il y a plus grave : comme on l'a montré, le prélèvement de la TSA alimente un cercle vicieux qui aboutit à ce que le renchérissement fiscal de la complémentaire santé entraîne une augmentation de son coût, lequel entraîne à nouveau une augmentation fiscale et ainsi de suite.

Plutôt que de procéder en suivant une logique de filets de sécurité qui segmente la protection sociale au détriment d'un objectif d'universalité, il serait plus simple de diminuer sensiblement la TSCA sur l'ensemble des contrats en considérant que la santé est un bien de première nécessité qui ne doit pas être taxé. La Mutualité française s'est positionnée en ce sens au moment du relèvement du taux de la TSCA en 2011 et dans le cadre de la réforme des contrats « solidaires et responsables ». Il est en effet paradoxal de faire du contenu de la couverture complémentaire un élément important d'une politique d'accès aux soins et de soumettre son support juridique à une taxation. Les contrats « solidaires et responsables » ont été pendant dix ans exonérés de TSCA, il y avait sans doute une bonne raison à cela !

■ En matière de justice sociale et de solidarité

La réalisation d'un objectif de justice sociale et de solidarité est complexe à mettre en œuvre et dépend des objectifs qu'on se fixe. Davantage d'équité dans les aides peut justifier un dispositif de crédit d'impôt touchant l'ensemble des ménages en lieu et place d'un dispositif ciblé sur des catégories de population. Plus de solidarité entre générations peut conduire à étudier des dispositifs de péréquation fiscale directement au niveau des opérateurs en fonction de la nature de leurs portefeuilles.

Mais d'autres objectifs peuvent être satisfaits par des instruments non fiscaux, par exemple une meilleure solidarité entre actifs et inactifs qui peut passer par la mise en place de fonds de mutualisation au niveau de branches professionnelles, voire sur une base plus large retenue. S'il peut être encouragé fiscalement, un tel dispositif n'est pas directement fiscal. Bien sûr, la mobilisation d'outils fiscaux en vue de satisfaire des objectifs de justice sociale et de solidarité doit être précédée d'une réflexion sur les types de solidarité qui doivent être privilégiés.

■ En matière de régulation

La réforme en cours du régime des contrats « solidaires et responsables » comporte une innovation importante souhaitée par la Mutualité française, à savoir une fiscalité accrue concernant des contrats dont le niveau de prise en charge dépasse une certaine limite. Il s'agit en effet d'utiliser l'outil fiscal au service d'un objectif de régulation des dépenses de santé.

Conclusion

Ces quelques réflexions n'épuisent évidemment pas un sujet aussi complexe que sensible. Au vu de l'analyse des réformes passées et en cours, les objectifs d'accès aux soins et de régulation doivent être au cœur des objectifs d'une politique fiscale des Ocam. En matière d'accès aux soins, la suppression de la TSCA pour les contrats « solidaires et responsables » et une TSA répartie de manière équitable sur

l'ensemble des contribuables (via le budget de l'État) paraissent les mesures fiscales les plus à même de répondre à cet objectif. En matière de régulation, une taxation accrue des contrats « non vertueux » est de nature à maîtriser l'anarchie tarifaire et les dépassements d'honoraires.

La Mutualité française a proposé de diminuer le taux de la TSCA sur les contrats « solidaires et responsables » et de l'augmenter sur les contrats « non solidaires et responsables », de manière à poursuivre à la fois un objectif d'accès aux soins et de régulation, tout en préservant le rendement fiscal du dispositif pour le budget de l'État. Si cette proposition n'a pas été rejetée, seule la hausse sur les contrats non solidaires et responsables a été retenue !

Concernant les dépenses fiscales et sociales relatives aux contrats collectifs obligatoires, la question est sans doute plus complexe compte tenu des objectifs poursuivis et des outils mobilisables par ailleurs pour satisfaire à un objectif d'équité. Il est indispensable que le gouvernement ouvre une véritable réflexion sur ce sujet, comme le Parlement l'y a invité l'année passée et, avant lui, le président de la République au Congrès de la Mutualité française à Nice en octobre 2012.

Note

1. 3 Md€ (selon l'estimation HCAAM) + 2 Md€ du coût ANI (selon l'étude d'impact de la loi LES) – 1 Md€ lié à la réintégration dans la base imposable de l'IRPP de la participation de l'employeur au coût de la cotisation pour le salarié).

CAPTIVES ET FISCALITÉ : QUELS RISQUES POUR LES ENTREPRISES ?

Étienne Charpentier

Head of Structured Reinsurance & Captives, Aon Risk Solutions

La captive reste l'outil privilégié par les entreprises pour le financement de leurs risques. Il convient toutefois de prendre la mesure exacte des éventuels risques fiscaux associés. Une étude attentive des caractéristiques de la captive et de la réglementation de son pays d'établissement permettra de répondre à cette exigence.

Des outils plébiscités par les entreprises...

Si les conditions offertes par les marchés de l'assurance sont actuellement plutôt favorables aux entreprises pour la couverture de leurs risques, les captives restent néanmoins l'outil privilégié pour le financement de leurs risques, particulièrement dans les branches incendie et responsabilité civile. En effet, ces deux branches peuvent représenter jusqu'à 90 % du budget global de l'entreprise selon son secteur d'activité. Par ailleurs, bien que la perspective de mise en application de la directive Solvabilité II au 1^{er} janvier 2016 se rapproche, elle n'a toutefois pas entraîné de fermeture de captives.

Les captives sont avant tout créées pour des raisons techniques et restent des outils de financement des risques privilégiés par les entreprises. Compte tenu de leur rôle en tant qu'outil de financement des risques,

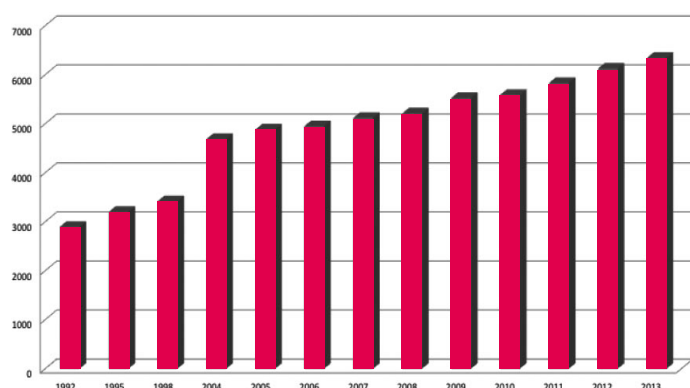
elles sont généralement établies dans des pays ayant une fiscalité ou une réglementation avantageuses, même si cela reste relativement secondaire au regard des objectifs principaux des groupes qui mettent en place une captive.

■ Caractéristiques des captives

Une société d'assurance ou de réassurance captive est une société créée en vue d'assurer ou de réassurer les risques de sa société mère et/ou de sociétés sœurs. C'est un outil de risk management qui s'est considérablement développé ces dernières années. En 2013, 6 342 captives ont été officiellement répertoriées dans le monde ⁽¹⁾. Au cours des vingt dernières années, le nombre total de captives a plus que doublé (voir graphique 1 p. 42).

Si l'on s'interroge sur les impacts fiscaux liés aux captives, il est nécessaire d'examiner d'abord les raisons qui poussent aujourd'hui les groupes à mettre en place des captives. En effet, les risk managers interrogés sur la mise en place de captives évoquent des raisons avant tout techniques.

Graphique 1 - Nombre total de captives dans le monde



Source : Aon Insurance Managers.

■ Réduction des coûts

La volonté de réduire le coût des programmes d'assurance est souvent à l'origine de la création d'une captive. Ces économies sont obtenues grâce :

- au levier de négociation procuré par rapport au marché de l'assurance, la captive permettant d'organiser efficacement le financement des risques conservés ;
- à la perception favorable qu'ont les assureurs de la participation d'un groupe au financement de ses propres risques ;
- à la mise en place d'une rétention permettant de conserver la sinistralité attritionnelle et donc de peser sur le prix de transfert des risques d'intensité cédés par la captive ;
- à l'accès au marché de la réassurance, qui joue le rôle d'apporteur de capacités par rapport au marché de l'assurance.

■ Couverture de risques inassurables

La captive permet de mettre en place des garanties sur mesure en fonction des besoins de l'entreprise en l'absence de marché.

■ Outil de risk management

La captive s'inscrit toujours dans une politique globale de remise à plat de la politique de risk management de l'entreprise. Elle permet notamment de centraliser les informations sur les risques et de valoriser la politique de prévention de long terme en internalisant les bénéfices techniques.

■ Cash management

Avec une captive, l'entreprise gère elle-même les fonds accumulés (le plus souvent via un *cashpooling* groupe). Au-delà des raisons techniques et compte tenu de leur objet, le financement de risques, les captives sont établies pour la plupart d'entre elles dans des pays permettant de profiter de conditions fiscales favorables.

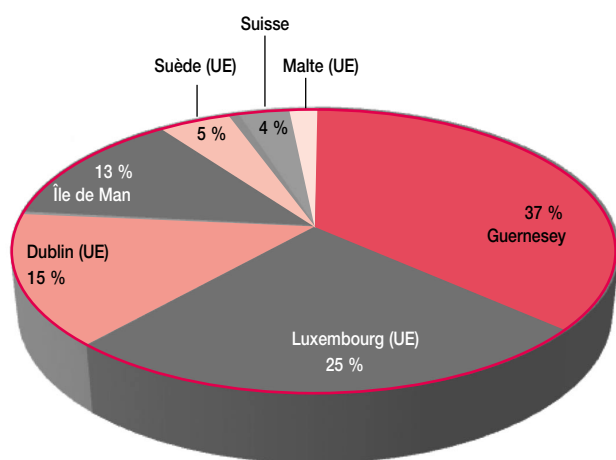
... dont les lieux de domiciliation présentent des avantages...

En 2014, les sept principaux lieux de domiciliation concentrent 67 % (2) du nombre total de captives. 15 % des captives sont en Europe contre 36 % aux États-Unis.

En Europe, près de la moitié des captives (46 %) sont établies dans un État membre de l'Union européenne (UE), ce qui est le cas pour les captives de groupes français, avec une forte prédilection pour le Luxembourg (voir graphique 2 p. 43). Viennent ensuite l'Irlande, la Suisse et Malte. Le choix de la localisation repose sur une étude approfondie des cadres juridiques et fiscaux locaux et de leur impact sur l'entreprise.

Compte tenu de ce contexte fiscal, il convient de faire un tour d'horizon des aspects fiscaux liés aux captives qui peuvent impacter l'entreprise.

Graphique 2 - Principaux lieux de domiciliation européens



Source : Aon Insurance Managers.

■ La notion de substance

La question de la substance de la captive doit être examinée attentivement. En effet, plusieurs éléments de contexte doivent être rappelés tant au niveau français qu'au niveau européen. Ainsi l'administration française se réserve la possibilité d'invoquer un abus de droit pour sanctionner le cas d'une société constituée sans véritable substance locale, à des fins exclusivement fiscales. Notons qu'aux termes de l'article L. 64 du livre de procédures fiscales la fraude, pour être constituée, doit être caractérisée par le but exclusif de bénéficier abusivement de conditions fiscales avantageuses :

« Afin d'en restituer le véritable caractère, l'administration est en droit d'écarter, comme ne lui étant pas opposables, les actes constitutifs d'un abus de droit, soit que ces actes ont un caractère fictif, soit que, recherchant le bénéfice d'une application littérale des textes ou de décisions à l'encontre des objectifs poursuivis par leurs auteurs, ils n'ont pu être inspirés par aucun autre motif que celui d'éluder ou d'atténuer les charges fiscales que l'intéressé, si ces actes n'avaient pas été passés ou réalisés, aurait normalement supportées eu égard à sa situation ou à ses activités réelles. »

Si la notion de montage artificiel dépourvu de substance économique reste difficile à appréhender, la

décision de la cour administrative d'appel de Paris (3) du 26 novembre 2013 a toutefois rappelé le but exclusif d'échapper à l'impôt que devait revêtir l'opération.

Au niveau européen, la Cour de justice européenne (CJE) a, dans l'affaire Cadbury, précisé que les critères de substance doivent s'apprécier sur la base d'éléments objectifs et vérifiables par un tiers, relatifs à la réalité économique des opérations (en l'occurrence l'assurance ou la réassurance), et également de l'existence physique de la société (locaux, équipement, personnel). Il convient toutefois de garder à l'esprit que les captives sont généralement des sociétés dont l'activité est simple et dont la gestion est généralement sous-traitée. L'administration doit donc logiquement en tenir compte dans son appréciation, comme elle devrait également tenir compte du cadre de gouvernance mis en place par les captives établies dans l'UE pour répondre aux exigences de Solvabilité II. En effet, celui-ci, s'il est respecté, permet de désigner au sein de l'entreprise des responsables ayant des compétences spécifiques (par exemple en audit) afin de satisfaire aux exigences du pilier 2. Par ailleurs, la CJE a précisé qu'il était légitime de tenir compte de considérations fiscales pour déterminer l'implantation géographique d'une société.

Enfin, rappelons que la Commission européenne a, dans sa recommandation du 6 décembre 2012 (4), encouragé les États membres à introduire la clause suivante dans leur législation nationale : « Les montages artificiels ou ensembles artificiels de montages mis en place essentiellement dans le but d'éviter l'imposition et conduisant à un avantage fiscal sont ignorés. Aux fins de la fiscalité, les autorités nationales traitent ces montages sur la base de leur réalité économique. » Le point 4.4.c précise notamment qu'un montage est réputé artificiel « s'il contient des éléments qui ont pour effet de se compenser ou de s'annuler ».

Il conviendra, sur ce dernier point, d'être particulièrement attentif dans le cas de contre-garanties qui pourraient être données par une holding ou une filiale pour couvrir les engagements de la captive. Ainsi, les garanties données par des tiers (telles que les lettres de crédit), si elles ont un coût, seront certainement

privilégiées par rapport à des garanties groupe (telles qu'une *parental guarantee* ⁽⁵⁾).

■ Prix de transfert

Les primes de captive sont assimilables à des prix de transfert, or ceux-ci, compte tenu de l'enjeu qu'ils représentent au niveau mondial (selon l'OCDE, les échanges intragroupes représenteraient plus de 60 % du commerce mondial), font l'objet d'une attention particulière de la part des autorités fiscales.

Les captives sont organisées le plus souvent sous forme de captives de réassurance dont les primes sont perçues non pas directement des entités du groupe, mais via un assureur dit « fronteur » (qui, lui, possède l'agrément d'assureur dans les pays où les risques sont couverts). Il n'en demeure pas moins que la captive de réassurance reste, in fine, responsable de la tarification des risques souscrits, comme toute société. Ainsi la problématique du prix de transfert doit être examinée avec attention.

Rappelons que deux lois susceptibles d'impacter les captives ont récemment renforcé les exigences en matière de vérification des prix de transfert.

- La loi de finances 2014 précise que l'accès à la comptabilité analytique de l'entreprise ainsi qu'aux liasses de consolidation devra être donné pour les entreprises qui disposent d'une telle comptabilité afin d'opérer toute vérification nécessaire portant sur les prix de transfert.
- Le fisc français doit pouvoir consulter sur place et sous trente jours toute documentation spécifique sur les prix de transfert ⁽⁶⁾. L'entreprise devra ainsi pouvoir démontrer dans des délais brefs que :
 - elle a examiné les conditions offertes par le marché en amont de la mise en place de la couverture par la captive ;
 - elle possède la documentation l'attestant ;
 - à défaut de marché, une étude de tarification actuarielle pourra pourvoir à cet effet.

Contrairement à ce qui existait auparavant, le fisc français sera dorénavant susceptible de vérifier que l'entreprise a effectué cette démarche préalablement à la souscription des risques par la captive. Il sera donc nécessaire d'effectuer cet exercice régulièrement pour vérifier l'adéquation des primes aux risques couverts. À défaut, les primes pourraient être considérées comme de simples dépôts. Par ailleurs, le même risque pèse sur les opérations dans lesquelles le transfert de risque n'est pas suffisant, le « *risk gap* » [*i.e.* (primes émises – montants des engagements)] étant jugé trop faible par les autorités.

■ Régime à fiscalité privilégiée

Bien que l'article 209 B du Code général des impôts (CGI) ait constitué par le passé l'un des dispositifs les plus couramment évoqués comme susceptibles de viser les captives, de nombreuses voies concordent aujourd'hui pour estimer qu'il a été, en grande partie, vidé de sa substance dans le cas des montages captifs.

En effet, le II de l'article 209 B du CGI fixe les cas de non-applicabilité du dispositif :

- « – si l'entreprise ou l'entité juridique est établie ou constituée dans un État de la Communauté européenne et
- si l'exploitation de l'entreprise ou la détention des actions, parts, droits financiers ou droits de vote de l'entité juridique par la personne morale passible de l'impôt sur les sociétés ne peut être regardée comme constitutive d'un montage artificiel dont le but serait de contourner la législation fiscale française ».

Les captives d'origine française étant pour la plupart établies dans l'UE, la notion de montage artificiel examinée plus haut devient donc le critère essentiel à étudier.

Par ailleurs, en ce qui concerne les captives établies en dehors de l'UE et notamment en Suisse, il n'est pas rare que les entreprises optent pour un *tax ruling* ⁽⁷⁾ leur permettant de s'affranchir de la notion de régime fiscal privilégié au sens de l'article 238 A du CGI,

optant pour un taux d'impôt local sur les bénéfices de la captive tout juste supérieur à 50 % du taux d'impôt effectif français.

Le sujet de la fiscalité reste important pour les captives. Afin de réduire le risque fiscal, les entreprises doivent veiller à réaliser, documenter et mettre à jour régulièrement les analyses techniques à la base de la création et de la mise en place de l'outil. Cela permettra de répondre à toute question éventuelle sur les objectifs visés.

Notes

1. Sources : Business Insurance Magazine, AM Best et Insurance Information Institute.
2. Source : Aon Insurance Managers.
3. Décisions n° 11PAA04091 et n° 11PA04721 du 26 novembre 2013.
4. JOUE 2012.338.0041.
5. Garantie de la maison-mère.
6. Article 22 de la loi de finances rectificative pour 2009.
7. Dérogation obtenue des autorités fiscales locales.

3.

Les gaz de schiste une solution alternative ?



■ Charlotte Dennerly

Introduction

■ Patrick Artus

Les effets macroéconomiques du gaz de schiste

■ Philippe Charlez

La révolution américaine des énergies non conventionnelles

■ Jean-Marie Chevalier et Patrice Geoffron

La compétitivité européenne victime des hydrocarbures non conventionnels ?

■ Jean-Claude Perdignes

Management des risques liés aux projets de gaz de schiste

■ Jérôme Courcier

Les gaz de schiste : entre rationalité et raisonnable

■ Dominique Venet

Questions-réponses sur le gaz de schiste

INTRODUCTION

Charlotte Dennery

Après une forte mobilisation citoyenne au printemps 2011, le Parlement français a adopté une loi (la loi du 13 juillet 2011) visant à interdire l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste en France par fracturation hydraulique. Cette interdiction a été confirmée par le Conseil constitutionnel à la suite d'une question prioritaire de constitutionnalité (QPC) déposée par un industriel ⁽¹⁾ s'estimant lésé par cette loi.

Depuis, le débat n'a cessé d'être relancé et de nombreux rapports sur le sujet ont vu le jour. Pas plus tard qu'aux mois de juin et juillet 2014, deux rapports présentant des thèses antinomiques ont été publiés : « Gaz de schiste, comment avancer ? » de l'Institut Montaigne qui estime que cette interdiction représente un véritable handicap pour l'économie française et propose des pistes pour y remédier et « Pour une politique gazière » de la fondation Terra Nova qui propose d'autoriser l'expérimentation de l'exploitation du gaz de schiste « afin de sortir des fantasmes » sur ces ressources et mieux abandonner cette piste.

La bataille sur le sujet continue de faire rage car les implications politiques, économiques et écologiques sont lourdes. Pour éclairer le lecteur, la rubrique « Analyses et défis » recueille la voix de différents acteurs, qu'ils soient économistes, financiers, industriels ou écologistes. Ces acteurs sont pour la plupart français mais leur témoignage s'appuie sur des expériences étrangères. En effet, puisque l'exploitation du gaz de schiste a été rendue illégale en France, seules pourront être évoquées les expériences américaines ou celles de

nombreux pays européens ayant autorisé l'exploitation de ce gaz non conventionnel.

Les principaux risques associés à l'exploitation des gaz de schiste sont principalement environnementaux : cette industrie peut en effet avoir un impact négatif sur l'eau, l'air, la terre et la biodiversité. Mais ils sont également d'ordre sociétal car cette industrie peut conduire à détériorer l'environnement des populations situées à proximité des zones de production (dégradation des nappes phréatiques, mitage des territoires, multiplication des rotations de camions, risque sismique). Face à ces risques toutefois, les avantages liés à cette nouvelle source d'énergie ne peuvent être passés sous silence : aux États-Unis, il est indéniable que l'exploitation de cette nouvelle source d'énergie a généré une baisse significative des coûts de production et un effet emploi très favorable.

Patrick Artus s'appuie sur des données macro-économiques américaines pour présenter les effets économiques de l'exploitation du gaz de schiste : baisse du déficit énergétique des États-Unis, coût de l'énergie 3 à 4 fois moins cher que le coût de l'énergie en Europe ou au Japon, redémarrage de l'investissement industriel aux États-Unis et création massive d'emplois.

Selon **Philippe Charlez**, les principaux secteurs à avoir bénéficié du développement de cette nouvelle source d'énergie sont les secteurs *midstream* et aval à savoir le transport de gaz et la génération électrique, le raffinage, la pétrochimie et la chimie, et les industries

manufacturières fortement consommatrices d'énergie. Toutes choses égales par ailleurs, il estime que le développement du gaz de schiste en Europe pourrait induire une réduction du prix du gaz de 10 à 20 % et engendrer entre 0,5 et 1,1 million d'emplois.

Les effets bénéfiques de la baisse du coût de l'énergie sur ces filières industrielles américaines constituent une menace particulièrement sérieuse pour les acteurs industriels des mêmes secteurs en Europe et en Asie. **Jean-Marie Chevalier** et **Patrice Geoffron** ont ainsi constaté que certains industriels européens ou asiatiques avaient décidé, afin de préserver leur compétitivité, d'investir dans des capacités de production aux États-Unis.

Qu'en est-il alors des risques associés à cette nouvelle technologie : est-il possible de les prévenir ou de les assurer ? Selon **Jean-Claude Perdigues**, les risques liés aux gaz non conventionnels sont bien identifiés et peuvent faire l'objet de mesures de prévention, comme de nombreux autres risques industriels. Il donne dans son article le détail de l'ensemble des risques associés à cette industrie et décrit les engagements que pourraient prendre les industriels pour limiter ces risques, sous réserve que l'État s'engage à maintenir un cadre réglementaire clair pour ces activités.

De même, comme le souligne **Jérôme Courcier**, les risques associés à l'exploitation des gaz de schiste sont tous a priori maîtrisables puisque nos ingénieurs disposent des techniques de mitigation de ces risques. La seule question à se poser reste le prix de ces techniques de prévention.

Pour finir, **Dominique Venet** ne mâche pas ses mots : « l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste sont devenues hors la loi en France suite à un non-débat à base idéologique et électorale ». Il estime également que la discussion au Parlement s'est focalisée sur des éléments non objectifs et a omis de mesurer l'impact défavorable sur l'environnement de l'interdiction d'exploitation du gaz de schiste. Sa démonstration est implacable : avec un recours accru au gaz de schiste, les États-Unis ont fortement réduit leur consommation de charbon et l'ont plutôt exporté vers l'Europe. Ces exportations ont majoritairement alimenté les centrales électriques au charbon allemandes, l'Allemagne ayant décidé d'abandonner le nucléaire. C'est donc l'Europe tout entière qui subit la pollution des centrales à charbon allemandes, à défaut d'avoir accepté de se lancer dans l'exploitation du gaz de schiste.

Au total, tous les contributeurs à ce dossier appellent à une levée de l'interdiction d'explorer ou d'extraire du gaz de schiste, mais avec des objectifs souvent opposés. En revanche, aucun ne parle de solution d'assurance, le marché n'étant pas encore suffisamment mûr pour offrir ce type de produit aux industriels.

Note

1. La compagnie pétrolière américaine Schuepbach.

LES EFFETS MACROÉCONOMIQUES DU GAZ DE SCHISTE

Patrick Artus

Chef économiste, membre du comité exécutif, Natixis

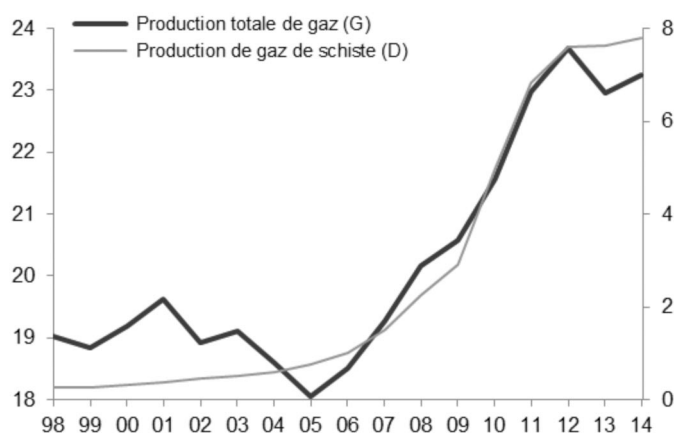
La production de gaz de schiste est pour l'instant essentiellement réalisée aux États-Unis, mais d'autres pays, dans quelques années, deviendront aussi producteurs : Chine, Argentine, Canada, Mexique, Australie... Les effets macroéconomiques de la production de gaz de schiste sont multiples : modification de la technologie de production d'électricité aux États-Unis, avec pour conséquence un changement du prix des matières premières en Europe ; production croissante de pétrole non conventionnel aux États-Unis, et réduction du déficit commercial, d'abord énergétique, des États-Unis, d'où potentiellement des effets importants sur les taux de change ; compétitivité-coût américaine accrue, qui s'ajoute au niveau faible des coûts salariaux, d'où attraction de nouvelles productions (surtout liées à l'énergie), réindustrialisation des États-Unis et menace sur l'emploi dans un certain nombre d'industries (chimie) dans le reste du monde.

L'énergie non conventionnelle aux États-Unis

La production de gaz naturel américaine a augmenté avec l'apparition du gaz de schiste, qui représente aujourd'hui un tiers de la production totale de gaz naturel (voir

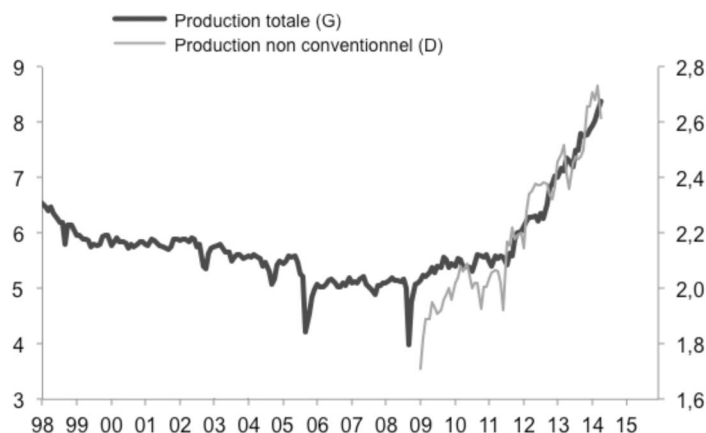
graphique 1 p. 52), tandis que la production de pétrole a augmenté avec celle du pétrole non conventionnel (*tight oil* ; voir graphique 2 p. 52). Le prix du gaz de schiste étant aujourd'hui inférieur à son coût de production – entre 5 et 6 dollars le million de *British thermal unit* (Btu) –, le gaz non conventionnel est aujourd'hui une production jointe du pétrole non conventionnel et n'est plus recherché pour lui-même.

Graphique 1
États-Unis : production de gaz naturel
(en milliards de pieds cubes)



Sources : EIA, Natixis.

Graphique 2
États-Unis : production de pétrole
(en millions de barils par jour)



Sources : Datastream, EIA, Natixis.

Le tableau 1 montre les réserves estimées de gaz de schiste dans différents pays potentiellement pro-

ducteurs. Bien d'autres pays que les États-Unis pourront dans le futur devenir producteurs de gaz de schiste.

Tableau 1 - Réserves de gaz de schiste (en milliards de m³)

Chine	31 500,00
Argentine	22 657,40
Algérie	19 973,54
États-Unis	18 787,00
Canada	16 187,89
Mexique	15 396,86
Australie	12 345,74
Afrique du Sud	11 017,94
Russie	8 051,57
Brésil	6 921,52
Pologne	4 124,66
Bulgarie	28,25
Ukraine	6 978,03
Royaume-Uni	734,53
Espagne	237,31
France	3 861,93
Allemagne	480,27
Pays-Bas	731,70
Danemark	895,56
Suède	276,86

Source : EIA.

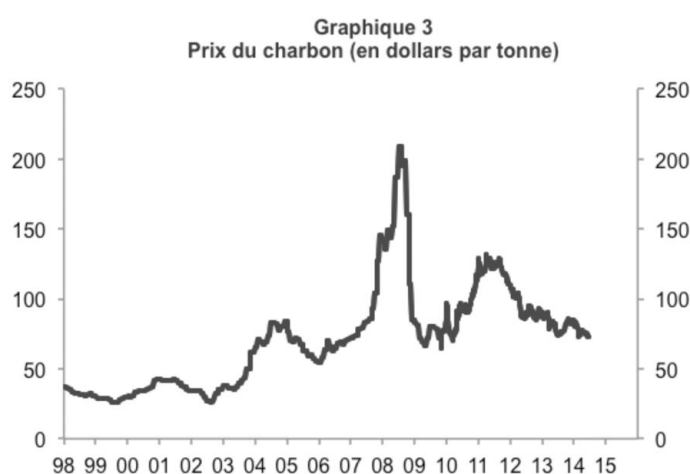
Passons maintenant aux effets économiques de la production de gaz de schiste.

■ Technologie de production d'électricité et échanges extérieurs

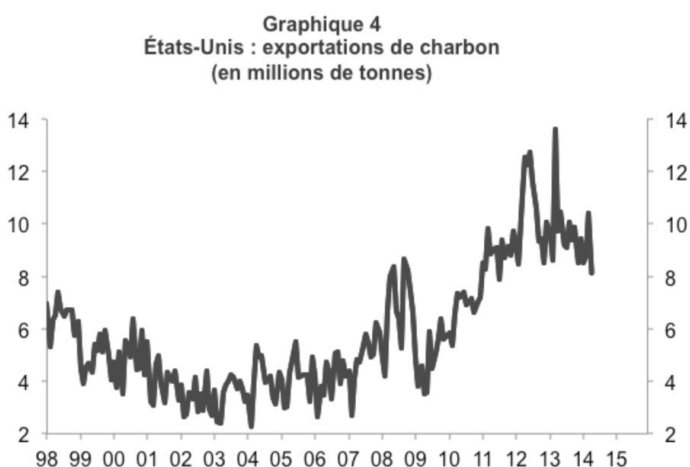
Les États-Unis passent, en matière de production d'électricité, du charbon au gaz naturel (voir tableau 2).

D'une part, cela entraîne une baisse du prix du charbon (voir graphique 3) ;

d'autre part, cela encourage les États-Unis à devenir exportateurs de cette ressource (voir graphique 4).



Sources : Datastream, Bloomberg, Natixis.



Sources : EIA, Natixis.

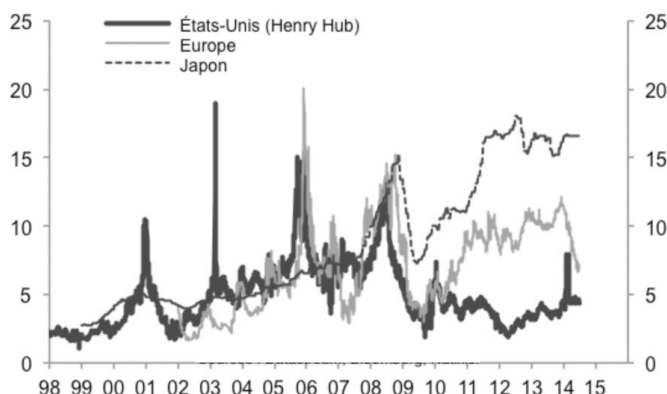
Tableau 2 - États-Unis : origine de l'électricité (en %)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Charbon	51,7	50,9	51,7	51,0	50,1	50,8	49,8	49,6	49,0	48,5	48,2	44,5	44,8	42,3	37,4	39,1
Géothermie	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Hydroélectricité conventionnelle	8,9	8,6	7,2	5,8	6,8	7,1	6,8	6,7	7,1	6,0	6,2	6,9	6,3	7,8	6,8	6,6
Gaz naturel	14,7	15,1	15,8	17,1	17,9	16,7	17,9	18,8	20,1	21,6	21,4	23,3	23,9	24,7	30,3	27,4
Nucléaire	18,6	19,7	19,8	20,6	20,2	19,7	19,9	19,3	19,4	19,4	19,6	20,2	19,6	19,3	19,0	19,4
Autres gaz	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Pétrole	3,6	3,2	2,9	3,3	2,5	3,1	3,1	3,0	1,6	1,6	1,1	1,0	0,9	0,7	0,6	0,7
Solaire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
Copeaux de bois et bois	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0
Éolienne	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,7	0,8	1,3	1,9	2,3	2,9	3,5	4,1
Autres sources renouvelables	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Source : EIA Monthly Energy Review.

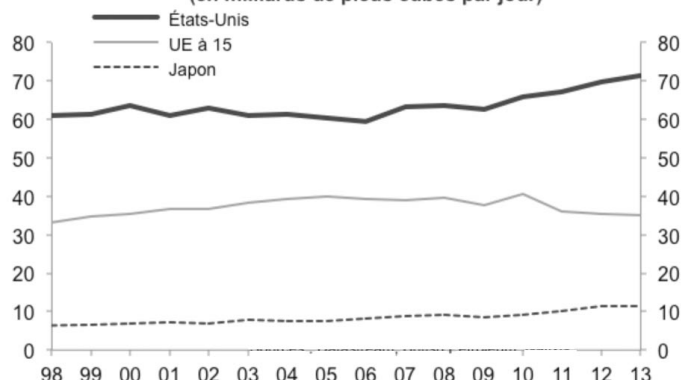
En Europe, le charbon étant devenu moins cher que le gaz naturel, on passe au contraire du gaz au charbon pour la production d'électricité, ce qui tire vers le bas le prix du gaz naturel européen avec la baisse de la consommation (voir graphiques 5 et 6 p. 54).

Graphique 5
Prix du gaz naturel (en dollars par million de BTU)



Sources : Datastream, Bloomberg, Natixis.

Graphique 6
Consommation de gaz naturel
(en milliards de pieds cubes par jour)



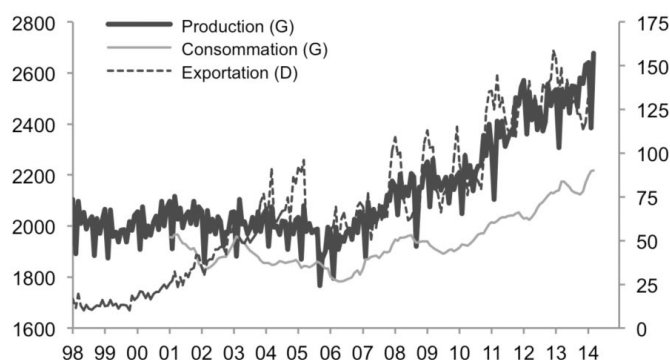
Sources : Datastream, British Petroleum, Natixis.

■ Balance commerciale des États-Unis

Les États-Unis sont devenus, avec la production de

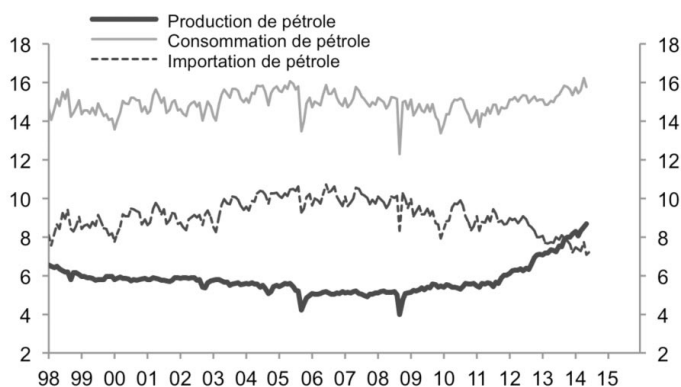
gaz de schiste et de pétrole non conventionnel, exportateurs de charbon (voir graphique 4 p. 53) et de gaz liquéfié (graphique 7), mais de moins en moins importateurs de pétrole (voir graphique 8).

Graphique 7
États-Unis : production, consommation et exportation
de gaz naturel (en milliards de pieds cubes)



Sources : EIA, Natixis.

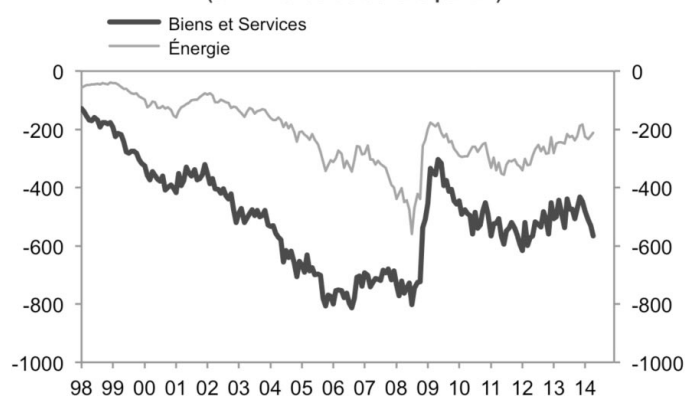
Graphique 8
États-Unis : production, consommation et importation
de pétrole (en millions de barils par jour)



Sources : EIA, Natixis.

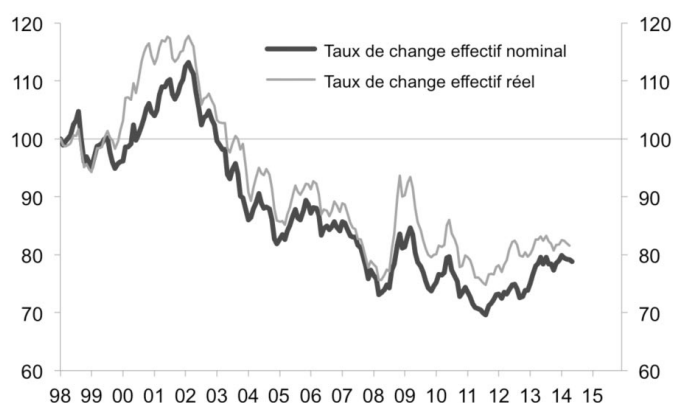
Cela réduit fortement et va continuer à réduire le déficit énergétique des États-Unis (voir graphique 9 p. 55), ce qui, à terme, diminuera fortement le déficit extérieur américain, d'où une pression à l'appréciation du dollar (voir graphique 10 p. 55).

Graphique 9
États-Unis : balance commerciale
(en milliards de dollars par an)



Sources : Datastream, BEA, Natixis.

Graphique 10
États-Unis : taux de change effectif (100 en 1998:1)



Sources : Datastream, Natixis.

■ Compétitivité-coût des États-Unis et réindustrialisation

Les États-Unis bénéficient à la fois de prix plus faibles de l'énergie (voir graphique 5 p. 54 et tableau 3 ci-dessous) et, dans les États du Sud surtout, de coûts salariaux très faibles (voir tableaux 4 ci-après et 5 p. 56). Cela contribue à la réindustrialisation du pays (voir graphique 11 p. 56) et au redémarrage de l'investis-

sement industriel (voir graphique 12 p. 56). La réindustrialisation des États-Unis se fait dans les industries de main-d'œuvre et dans les industries consommatrices d'énergie. Le cas de l'industrie chimique est intéressant. Avec l'écart de prix entre le gaz naturel aux États-Unis et le pétrole, la pétrochimie va inexorablement se déplacer vers ce pays, ce qui constitue une énorme menace pour l'emploi en Europe, au Japon, etc. (voir tableau 6 p. 56).

Tableau 3 - Prix de l'électricité en 2013 (\$/kWh)

États-Unis	0,07
Royaume-Uni	0,19
Allemagne	0,25
France	0,14
Espagne	0,19
Italie	0,26
Japon	0,31

Sources : Datastream, EIA, Eurostat, Natixis.

Tableau 4 - Salaire horaire dans l'industrie, y compris charges sociales (en euros)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
États-Unis	21,0	22,5	27,1	29,3	29,0	25,3	23,6	24,3	24,3	23,4	22,4	24,6	26,3	25,5	27,8	-
Allemagne	25,7	26,3	27,6	28,5	29,2	29,8	30,0	30,1	31,3	31,7	32,3	32,9	32,8	34,3	35,1	36,1
France	23,2	23,9	25,0	26,2	27,2	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	32,9	32,9	34,2	35,5	36,4	36,7
Italie	17,5	18,1	18,3	18,7	19,4	19,8	20,6	22,3	22,7	23,2	23,6	24,6	25,2	25,9	26,7	27,2
Royaume-Uni	18,5	20,0	22,4	23,1	23,4	22,3	22,9	23,9	24,9	25,7	23,4	21,2	22,0	22,1	24,3	24,6

Sources : Eurostat, BLS, Natixis.

Tableau 5 - États-Unis : salaire horaire moyen (ensemble des secteurs, mai 2013)

États du Sud	en \$/h
Alabama	19,35
Louisiane	18,99
Géorgie	21,17
Mississippi	17,34
Texas	21,35
Nouveau-Mexique	19,94
États du Nord ou de l'Ouest	
New York	26,24
Washington (État de Seattle)	25,04
Californie	25,49
New Jersey	25,39
Illinois	22,92
Pennsylvanie	21,77
Massachusetts	27,12

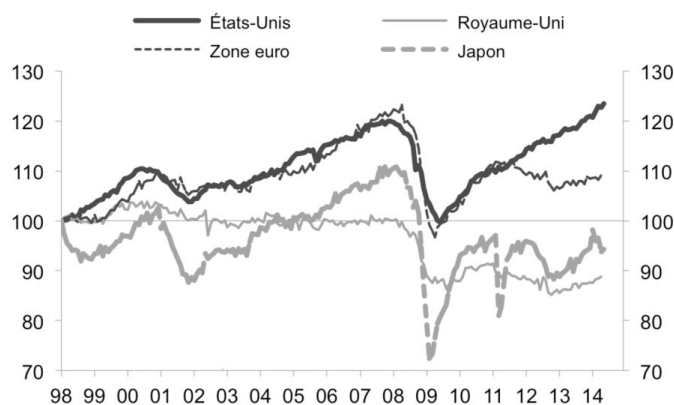
Source : Bureau of Labor Statistics.

Tableau 6 - Emploi dans l'industrie chimique (en milliers de personnes)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
États-Unis	990	981	975	940	922	892	881	867	864	858	829	794	784	783	786	795
Union européenne (15)	nd	1 227	1 243	1 264	1 249	1 227	1 249	1 192	1 177	1 190	1 192	1 126	1 123	1 137	1 118	1 046
Allemagne	nd	487	470	475	471	462	447	402	405	407	406	392	392	400	407	353
France	nd	177	188	186	183	184	200	194	174	174	184	171	190	181	164	168
Japon	694	657	655	677	652	625	597	577	597	601	630	637	666	631	646	640

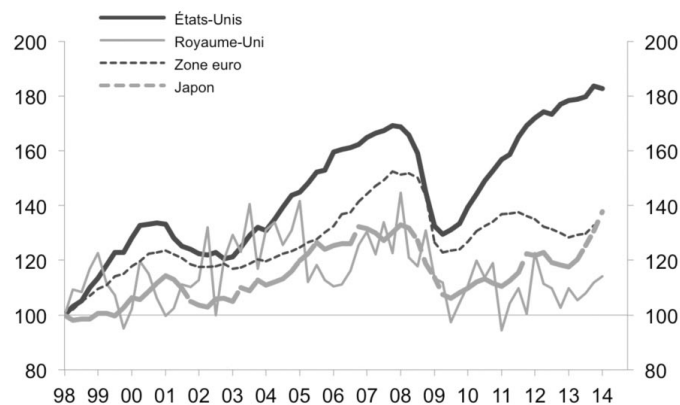
Source : Eurostat.

Graphique 11
Production manufacturière (100 en 1998:1)



Sources : Datastream, Natixis.

Graphique 12
Investissement productif (volume, 100 en 1998:1)



Sources : Datastream, sources nationales, Natixis.

Les États-Unis, future Chine ?

Avec le développement de la production des énergies non conventionnelles aux États-Unis (gaz de schiste, pétrole non conventionnel), les États-Unis améliorent leur commerce extérieur et attirent les industries consommatrices d'énergie. À cela s'ajoute le faible

coût du travail dans le pays, qui attire aussi les industries de main-d'œuvre. On y voit donc se dessiner un modèle économique complètement nouveau, par beaucoup d'aspects similaire à celui de la Chine dans les années 2000 : développement des industries bas et milieu de gamme favorisé par les coûts de production faibles, d'où apparition progressive d'un excédent extérieur et appréciation du taux de change ; délocalisations de ces industries des pays à énergie et à main-d'œuvre chères vers les États-Unis.

LA RÉVOLUTION AMÉRICAINE DES ÉNERGIES NON CONVENTIONNELLES

Philippe Charlez

Directeur développement

de la division ressources non conventionnelles

Total Exploration & Production

Entre 2006 et 2012, les productions américaines de gaz et de pétrole de schiste ont respectivement été multipliées par treize et sept. Si la croissance des cours a représenté une conjoncture favorable, cette révolution repose avant tout sur quatre « piliers » endogènes : la connaissance du sous-sol, une culture centenaire, un quasi-monopole des moyens et un droit minier favorable. Ce sont surtout le transport du gaz, la génération électrique et l'aval qui en ont pleinement profité. Entre 2006 et 2012, environ 1,75 million d'emplois ont été créés. La baisse des cours du gaz a encouragé un déplacement de la génération électrique du charbon vers le gaz. Les émissions de gaz à effet de serre américaines ont été réduites de 13 %. À l'horizon 2035, près de 4 millions d'emplois devraient être créés. À moyen terme, les flux d'hydrocarbures seront fortement modifiés. Les États-Unis deviendront exportateurs de gaz, la chute des cours du charbon encouragera les Européens à rouvrir des centrales thermiques, et les États-Unis perdront progressivement de leur influence au Moyen-Orient au profit de la Chine et de l'Inde.

En dehors de l'Amérique du Nord, les principaux gisements gaziers se situeraient en Chine et en Argentine, alors que c'est la Russie qui recèlerait les plus importantes ressources de pétrole, suivie de la Chine et de l'Argentine. Les hydrocarbures « non conventionnels » pourraient doubler les réserves de gaz et accroître de 20 % les réserves de pétrole. Les pics pétrolier et gazier seraient significativement différés. À l'horizon 2035, les énergies fossiles représenteront 75 % du bouquet énergétique contre 81 % aujourd'hui.

Les cours du baril ⁽¹⁾ ont amputé en 2011 et en 2012 la croissance européenne de 0,6 % à 0,8 %. En 2012,

la facture énergétique de la France représentait 90 % de son déficit commercial. Et pourtant, les pays européens n'ont pas de réelle volonté de consolider une politique énergétique commune. Deux scénarios de développement du gaz de schiste s'échelonnant entre 2020 et 2050 sont proposés. Ils nécessiteraient de forer entre 23 000 et 50 000 puits. Ils permettraient à l'horizon 2035 de réduire le prix du gaz de 10 % à 20 % et le prix de l'électricité de 10 %. Ils généreraient une croissance annuelle de 0,3 % à 0,6 % et engendreraient entre 0,5 et 1,1 million d'emplois. Transformer ce projet en réalité est toutefois conditionné par la levée de trois verrous majeurs : géologique, économique et sociétal.

Une révolution que personne n'a vu venir

Soucieux d'assurer leur sécurité énergétique, les États-Unis ont toujours entretenu avec le pétrole et le gaz des « relations incestueuses ». Et ce n'est pas un hasard si la période s'étendant de 1973 (première crise pétrolière) à 2003 (seconde guerre du Golfe), est encadrée par deux dates clés assez méconnues. En 1970, la production pétrolière américaine passe par un pic à 12 Mbep/j (2). L'année 2006 correspond au contraire à un pic d'importation culminant à 14 Mbep/j, alors que la production s'est effondrée à moins de 7 Mbep/j (3). Une situation devenue intenable pour la première puissance économique mondiale, qui avait pourtant tout fait pour assurer de l'extérieur son indépendance énergétique. Sa dernière tentative, du nom d'« Iraqi Freedom (4) », fut un échec cuisant. C'est de l'intérieur que le salut va finalement venir : une « déflagration » aussi rapide qu'inattendue, appelée « révolution des pétrole et gaz de schiste ».

Entre 2006 et 2012, la production américaine de gaz de schiste est multipliée par treize et celle du pétrole de schiste par sept. Fin 2013, ceux-ci représentent respectivement 42 % de la production gazière et 27 % de la production pétrolière. Les États-Unis deviennent la première source de croissance mondiale de production d'hydrocarbures bien devant l'Arabie saoudite et la Russie. En six ans, ils ont réduit de plus d'un tiers leur dépendance pétrolière et sont pratiquement redevenus autosuffisants en gaz. Cette révolution repose à la fois sur des catalyseurs exogènes et endogènes. Sur le plan technique, rien de révolutionnaire. Ces développements résultent de l'association de deux technologies matures : le forage horizontal, pratiqué de façon industrielle depuis le début des années 1980, et la fracturation hydraulique, dont le premier essai remonte à... 1947.

La croissance exponentielle des cours du pétrole et du gaz entre 2000 et 2008, dans un contexte inter-

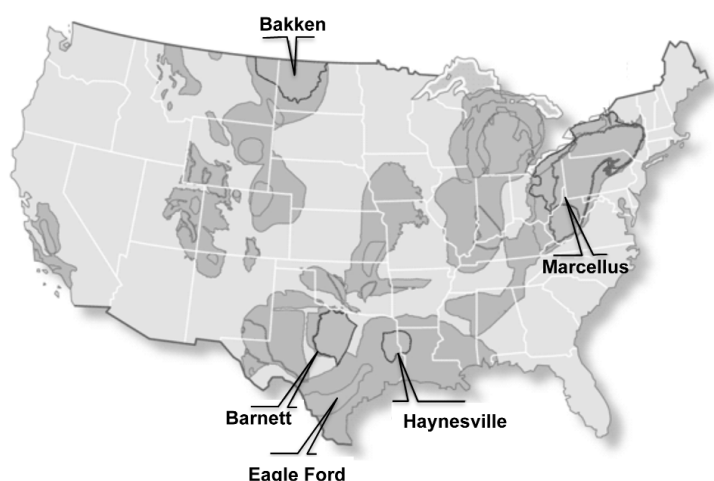
national tendu où la production peine à satisfaire la demande croissante des pays émergents, en est le principal catalyseur exogène. Mi-2008, le prix du baril de pétrole « flirte » avec les 150 dollars américains (\$) (5), tandis que le Henry Hub (6) approche les 12 \$/MMBtu (7) (soit près de 70 \$/bep). Une conjoncture très favorable pour lancer le développement de gisements connus de longue date (8) mais inexploités faute de rentabilité. Mais cette révolution repose surtout sur quatre « piliers » endogènes (9). Le premier est la « connaissance » du sous-sol. Plusieurs millions de puits ont été forés depuis le début du XX^e siècle. En Europe, on n'en recense que quelques dizaines de milliers, dont à peine 6 000 en France (10). Le second pilier est une « culture » historique centenaire soutenue par un pouvoir politique sans faille. Habitué à vivre depuis des dizaines d'années à côté d'appareils de forage et de puits en activité, le citoyen américain privilégie les opportunités (emploi, croissance) par rapport aux risques potentiels. Contrairement au Vieux Continent, où le politique contraint l'économie, dans le Nouveau Monde, c'est le politique qui s'adapte à l'économie. Le troisième pilier est le « quasi-monopole des moyens ». Ainsi, sur les 2 400 appareils de forage présents dans le monde (11), 80 % fonctionnent aux États-Unis. Le pays bénéficie également d'une offre abondante de services dans un marché ouvert et très compétitif. Cette offre influe de façon décisive sur le coût des puits, représentant 70 % à 80 % des investissements. Le dernier pilier est le « droit minier », qui appartient à l'individu et non à l'État comme dans la plupart des pays du monde.

Ces quatre piliers ont permis de mettre en œuvre des développements « à la chaîne » (12). Ils consistent à forer puis à fracturer à faible coût sans analyser dans le détail les attributs géologiques, un très grand nombre de puits supportant statistiquement qu'une proportion importante soit en situation de sous-performance.

Si les gisements sont nombreux et répartis géographiquement sur l'ensemble du territoire américain, cinq « champions » représentent à eux seuls 65 % de la production pétrolière et 66 % de la production

gazière (figure 1). Pour le pétrole, ils s'appellent Bakken (Dakota du Nord) et Eagle Ford (sud du Texas), et, pour le gaz, Marcellus (Pennsylvanie), Barnett (nord du Texas) et Haynesville (Texas et Louisiane).

Figure 1 - Les 5 « champions » américains des pétrole et gaz de schiste



Source : EIA [2013].

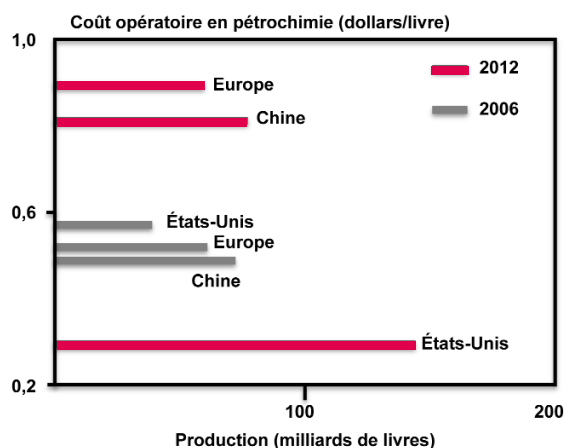
Conséquences à court terme

Les États-Unis ont saisi l'opportunité de cette révolution pour sortir la tête haute de la crise des *subprimes*. En moins de quatre ans, ils sont redevenus l'un des pays les plus compétitifs du monde. Dans un marché qui n'avait aucunement anticipé cet afflux inattendu de gaz, le Henry Hub chute mi-2012 sous les... 2 \$/MMBtu. De même, entre fin 2010 et juin 2013, les cours du WTI ⁽¹³⁾ décrochent de ceux du Brent de 20 \$/bep, une aubaine pour les industriels et les consommateurs américains.

En conséquence, ce n'est pas l'amont (exploration et production), « victime de son succès », mais le *midstream* (transport du gaz et génération électrique) et l'aval (raffinage, pétrochimie et chimie) qui vont pleinement en profiter. Le gaz représentant en pétrochimie plus de 50 % des coûts opératoires, les gains

de compétitivité vont s'avérer spectaculaires (figure 2). Alors qu'en 2006, les coûts de production aux États-Unis, en Chine et en Europe sont à peu près identiques, en 2012, ils ont diminué de moitié aux États-Unis quand, en Europe et en Chine, ils ont presque doublé. Pendant que les productions européenne et chinoise stagnent, les États-Unis redeviennent une « terre de croissance » ⁽¹⁴⁾ et quadruplent leur capacité de production. Cet écart considérable met aujourd'hui en grand danger la pétrochimie européenne, qui, dans les années à venir, pourrait massivement être délocalisée vers les États-Unis avec des pertes importantes d'emplois à la clé ⁽¹⁵⁾. D'autres secteurs manufacturiers très gourmands en énergie (sidérurgie, ciment, verre) vont aussi largement profiter de la baisse des cours du gaz pour améliorer leurs marges de façon significative. Sur la période 2006-2012, cette spectaculaire relance aura créé 1,75 million d'emplois [IHS, 2011].

Figure 2 - Évolution de la compétitivité de l'industrie pétrochimique entre 2006 et 2012



Source : Ifri.

La baisse du prix du gaz va aussi pousser les Américains à déplacer leur génération électrique du charbon vers le gaz. Les cours du charbon, qui s'élèvent à 120 dollars la tonne (\$/t) en 2009, se négocient à 65 \$/t un an plus tard. Ce transfert a un effet très positif sur les émissions de gaz à effet de serre américaines, qui passent de 6 milliards de tonnes (Gt) en 2004 à 5,25 Gt en 2012 et sont ainsi en baisse de 13 %.

Durabilité ou...

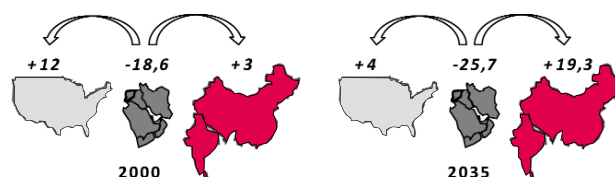
Vainqueurs économiques de cette révolution énergétique, les États-Unis sont-ils pour autant capables de poursuivre à moyen terme cette croissance inédite ? Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE) (16), la production de gaz de schiste pourrait atteindre, à l'horizon 2035, 50 % de la production américaine tandis que leur production pétrolière (conventionnelle et non conventionnelle) passerait par un « second pic pétrolier » à 11 Mbep/j (17) entre 2020 et 2025. Les hydrocarbures non conventionnels, qui contribueraient respectivement à hauteur de 120 milliards de dollars (G\$) en 2015 et de 230 G\$ en 2035 [IHS, 2011] au PIB américain, engendreraient 3 millions d'emplois en 2020 et 4 millions d'emplois en 2035 [IHS, 2013]. Stimulé par le prix attractif du gaz, l'aval, et en particulier la pétrochimie, devrait poursuivre sa croissance.

La production massive de gaz et pétrole de schiste aux États-Unis devrait à moyen terme fortement modifier les flux d'hydrocarbures avec des conséquences géopolitiques majeures. Le premier bouleversement concerne les flux de gaz naturel liquéfié (GNL), dont la production américaine s'établissait en 2012 à un peu moins de 250 Mt/an (18). En 2005, l'U.S. Energy Information Administration (EIA) tablait sur une diminution de la production gazière américaine compensée par des importations massives de GNL. C'est en réalité le schéma inverse qui s'est produit, les importations américaines de GNL ne représentant en 2011 que 2 % du marché mondial. À partir de 2017, les États-Unis deviendront exportateurs de gaz. Le démarrage de nombreux projets de liquéfaction devrait leur permettre de produire et d'exporter 40 Mt à l'horizon 2025 et 100 Mt dix ans plus tard. Cet afflux de GNL pourrait engendrer une surproduction, provoquer une chute significative des cours et rendre non économique le développement de certains projets hautement capitalistes dans les régions arctiques [IGU, 2012] ou en grande profondeur d'eau. Cette nouvelle projection vulnérabilise la stratégie russe, notamment le géant Gazprom,

qui contrôle 13 % des réserves mondiales. 75 % des exportations de gaz russe étant aujourd'hui destinées à l'Union européenne, l'exportation du gaz de schiste américain représente donc pour la Russie une réelle menace. C'est principalement vers la Chine (19) et l'Inde, qui déplaceront graduellement leur génération électrique du charbon vers le gaz, que la Russie devrait se tourner. Mais la Chine pourrait aussi décider de développer ses propres ressources de gaz de schiste, estimées par l'EIA à près de 200 Gbep. Enfin, l'ouverture du canal de Panama aux grands méthanières d'ici à cinq ans (20) permettra aux États-Unis d'exporter leur GNL, liquéfié dans le golfe du Mexique et sur la côte atlantique, vers l'Asie.

Ce bouleversement des flux gaziers aura des conséquences majeures sur les flux charbonniers. Le transfert de la génération électrique aux États-Unis, qui a provoqué une chute significative des cours du charbon, a encouragé certains pays européens, notamment l'Allemagne (21), à rouvrir des centrales électriques au charbon pour compenser leur engagement d'abandonner le nucléaire au profit des énergies renouvelables. Une stratégie paradoxale qui risque de mettre en péril les objectifs environnementaux de l'Union européenne en matière de gaz à effet de serre. Contrairement à ce qui est véhiculé par les médias (22), les États-Unis ne deviendront pas autosuffisants en pétrole. Toutefois, entre 2010 et 2030, leurs importations se réduiront de moitié quand celles de la Chine et de l'Inde tripleront, ce qui fera de ces derniers les premiers clients des pétromonarchies du Golfe (figure 3). Et, même si le scénario d'un retrait brutal du Moyen-Orient ne paraît pas crédible, les États-Unis, « délivrés » de leur dépendance énergétique, y perdront progressivement de leur influence au profit de la Chine et de l'Inde.

Figure 3 - Évolution des flux pétroliers entre le Moyen-Orient, les États-Unis, la Chine et l'Inde



Sources : IEA Outlook 2012 (23).

... bulle spéculative ?

L'amplitude, la soudaineté et l'euphorie inédite engendrées par cette révolution font craindre à certains une « bulle spéculative ». De nombreux indépendants américains se sont endettés, et l'effondrement des cours du gaz les a conduits à vendre à la baisse de nombreux actifs pour rembourser leurs dettes.

En dehors de l'effondrement « conjoncturel » des prix du gaz, certains experts considèrent que le déclin très élevé (de 30 % à 40 % par an) de la production des puits surévaluerait les ressources ultimes. La course en avant consistant à forer en permanence de nouveaux puits pour compenser les productions déclinantes ne serait pas viable à terme. Elle conduirait à une bulle spéculative provoquant soudainement un retrait des investisseurs, un arrêt des développements et un déclin rapide et significatif de la production. S'ensuivraient une hausse des cours et une déstabilisation du marché mondial du gaz. Ce « schéma catastrophe » ne peut se produire à moyen terme pour plusieurs raisons.

En premier lieu, l'analyse puits par puits se révèle trompeuse. L'Amérique du Nord possède un énorme « portefeuille » de puits qui joue un rôle d'« amortisseur » permettant de limiter le déclin global.

Deusio, le déclin des productions du Barnett et du Haynesville, dont les points d'équilibre sont trop proches du prix actuel du gaz, a été largement compensé par la progression spectaculaire de la production du Marcellus, qui affiche une rentabilité nettement supérieure.

Tertio, la stabilité des cours du pétrole devrait permettre aux indépendants ayant déplacé une grande partie de leur activité du gaz sec vers le gaz humide et le pétrole de se désendetter. Enfin, l'exportation de GNL vers l'Europe ou l'Asie à l'horizon 2017 devrait avoir un effet lissant sur les cours du gaz. Néanmoins, si la production américaine est suffisamment « amortie »

pour exclure la possibilité d'une bulle spéculative, sa durabilité n'est pas aujourd'hui garantie. Le gaz de schiste n'est pas une proie facile. L'exploiter de façon durable et économique nécessite de revoir l'applicabilité du modèle « essai et erreur », dont les limites sont aujourd'hui clairement apparues. Les expériences négatives encouragent les opérateurs à mettre en œuvre des modèles « qualité » davantage scientifiques permettant notamment d'augmenter significativement les ressources récupérables par puits.

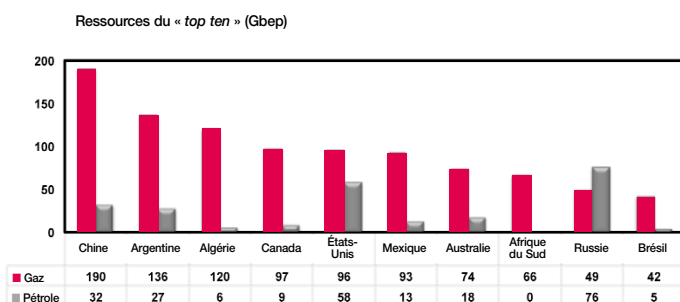
Ressources mondiales : impacts sur les pics pétrolier et gazier

Le sous-sol nord-américain n'est pas unique de par la qualité de ses gisements de pétrole et gaz de schiste. Toutes les régions du monde produisant du pétrole et du gaz conventionnels possèdent des ressources en pétrole et gaz de schiste. Dans son dernier rapport publié en juin 2013 [EIA, 2013], l'EIA estime que les ressources techniques mondiales récupérables seraient de l'ordre de 1 200 Gbep pour le gaz et de 347 Gbep pour le pétrole. En dehors de l'Amérique du Nord, les principaux gisements gaziers se situeraient en Chine, en Argentine et en Algérie et, dans une moindre mesure, en Australie et en Afrique du Sud, alors que, pour le pétrole, c'est la Russie qui recèlerait les plus importantes ressources, suivie de la Chine et de l'Argentine (figure 4 p. 62).

Ces évaluations notionnelles doivent toutefois être considérées avec la plus grande prudence dans la mesure où elles reposent sur des calculs volumétriques simplistes et ne prennent pas en compte les contextes économique, politique et culturel. Une fois les incertitudes géologiques levées, la maturité d'une région dépendra de facteurs multiples qui favoriseront ou au contraire pénaliseront les futurs développements. Parmi ces facteurs clés [IHS Cera, 2013] interviennent le contexte légal et la réglementation fiscale, l'environnement entrepreneurial et la disponibilité en capital,

l'accessibilité au terrain et à l'eau, parfois problématique pour des raisons géographiques, démographiques et climatiques, la présence locale d'opérateurs et de services pétroliers, l'existence d'infrastructures (routes) et de réseaux de collecte, le soutien politique et l'opinion publique.

Figure 4 - Le « top 10 » des gaz et pétrole de schiste



Source : EIA [2013].

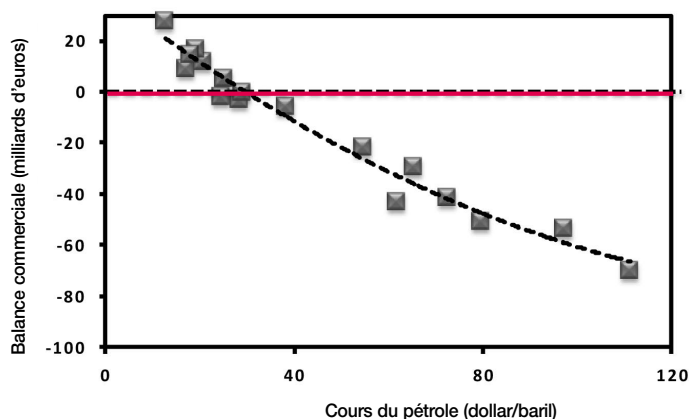
Les hydrocarbures « non conventionnels » pourraient théoriquement doubler les réserves de gaz conventionnel et accroître de 20 % les réserves de pétrole (24). Leur prise en compte impacterait de façon très significative les courbes de production. Le pic pétrolier serait ainsi différé de six ans (2026) et porté à 107 Mbep/j, alors que le pic gazier serait retardé de près de vingt ans (2047) et porté à 100 Mbep/j [Charlez, 2014]. Cette abondance de nouvelles ressources devrait permettre de surseoir à une éventuelle rupture d'offre et de maintenir les prix du pétrole à moyen terme autour de 100 dollars le baril (\$/bbl). En considérant le scénario alternatif de l'AIE [IEA, 2013], basé sur une croissance de 0,5 % par an pour le pétrole et de 1,6 % par an pour le gaz, on est alors amené à l'horizon 2035 à une demande de 100 Mbep/j pour le pétrole et de 84 Mbep/j pour le gaz. Dans ce cas, les ressources non conventionnelles repousseraient à 2037 la rupture d'offre pétrolière et à 2045 la rupture d'offre gazière. Ce schéma conduit à un bouquet énergétique en 2035 dans lequel les énergies fossiles (pétrole, gaz et charbon) représenteraient 75 % de la consommation globale d'énergie contre 81 % aujourd'hui.

Quelle crédibilité pour un projet européen ?

À la suite de la flambée des cours du pétrole, passés de 30 \$/bbl en 2000 à plus de 100 \$/bbl en 2010, la facture énergétique de l'Europe s'est accrue de façon significative. Elle a largement contribué à augmenter sa dette, à réduire ses investissements, à accroître ses coûts de production et à ralentir sa consommation. On estime que, en 2011 et en 2012, les cours du baril ont amputé la croissance européenne de 0,6 % à 0,8 % (25). L'impact de la facture énergétique sur l'économie européenne remonte comme par hasard à... 1973, date du premier choc pétrolier. C'est à partir de cette date que la croissance s'est effritée, que la dette souveraine s'est accrue et que les Européens ont découvert le chômage de masse. Ainsi, par exemple au cours des dix dernières années, la France a-t-elle vu sa facture énergétique grever sa balance commerciale, dont le déficit est parfaitement corrélé aux cours du pétrole (figure 5 p. 63). En 2012, la facture pétrolière et gazière de la France représentait 90 % de son déficit commercial. Durant la période 1993-2010, le rapprochement (26) entre l'accroissement de la dette (1 000 G€) et le coût des importations de pétrole et de gaz (facture de 750 G€) démontre que, à système social constant, l'endettement de la France est la somme du coût de l'énergie et du remboursement de la dette. Durant les « *golden sixties* », les pays développés avaient bâti leur croissance à la faveur d'une énergie quasi gratuite. Le premier choc pétrolier a brisé cette « rente de situation » et contraint ces mêmes pays à entrer dans une spirale infernale consistant à s'endetter pour importer à hauts frais des hydrocarbures tout en continuant à financer des systèmes sociaux coûteux.

Et pourtant, sous prétexte d'héritages séculaires et de décisions politiques nationales, les pays européens n'ont pas la réelle volonté de consolider une politique énergétique commune. Entre la sortie du nucléaire, le renouveau du charbon et une possible entrée dans les gaz et pétrole de schiste, inquiétudes environnementales

Figure 5 - La balance commerciale de la France en fonction des cours du pétrole



Source : Douanes (données FAB estimées).

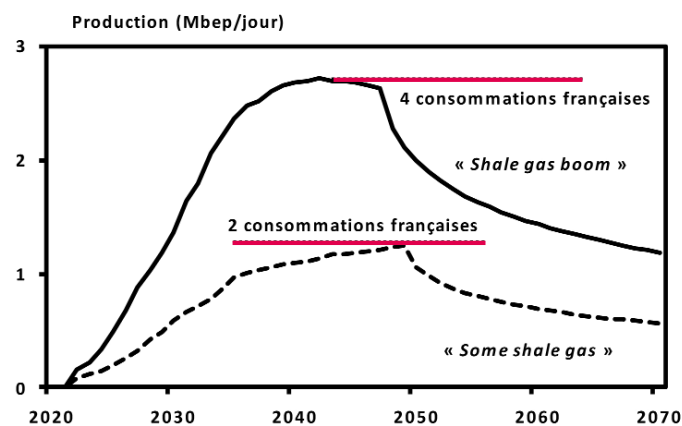
et promesses d'une énergie à bas coût rivalisent souvent jusqu'à la caricature. Pendant que l'Allemagne se retire du nucléaire mais recommence à importer massivement du charbon (+ 10 % entre 2009 et 2012) et que la France ferme le dossier « gaz de schiste » en excluant même toute phase exploratoire, le gouvernement britannique adopte « la fiscalité la plus favorable au monde pour encourager le développement des hydrocarbures non conventionnels » [Collomp, 2013]. Si l'Europe souhaite renouer avec une croissance durable, elle se doit de limiter sa facture énergétique. Et cet objectif n'est compatible qu'avec des politiques énergétiques concordantes qui envoient vers l'opinion publique et l'industrie des messages cohérents. L'Europe a besoin sur ce sujet d'un débat serein, responsable et coordonné, s'appuyant sur des données objectives.

L'opportunité (ou pas) d'exploiter en Europe les gaz et pétrole de schiste est fondée sur une inconnue de taille : l'état réel des ressources. Selon l'EIA, l'Europe posséderait environ 93 Gbep de ressources, dont 85 % de ressources gazières, principalement localisées en Pologne et en France, et, dans une moindre mesure, en Roumanie, en Grande-Bretagne, au Danemark et aux Pays-Bas. Même si ces estimations, qui reposent sur des calculs volumétriques simplistes, doivent être considérées avec beaucoup de circonspection (27), dans quelle mesure pourraient-elles réduire

la dépendance énergétique de l'Europe à l'égard de ses principaux fournisseurs de gaz (Norvège, Russie et Algérie) ? Entraîneraient-elles des retombées significatives du point de vue de la croissance, du prix de l'énergie et de l'emploi ?

Après avoir appliqué aux ressources des « filtres » techniques (ressources non récupérables), environnementaux et sociétaux (parcs nationaux, régions trop urbanisées), et économiques (coût de développement trop élevé), deux scénarios s'échelonnant entre 2020 et 2050 (figure 6) ont été proposés [Pöyry, 2013]. « *Some shale gas* » ambitionne un plateau de 1,20 Mbep/j (production respectivement de 11 % et 17 % des ressources aux horizons 2050 et 2070). « *Shale gas boom* » vise un plateau de 2,7 Mbep/j (production respectivement de 25 % et 38 % des ressources aux horizons 2050 et 2070). En l'absence de données réelles de production, un puits moyen analogue au Barnett (600 kbep (28) de ressources ultimes) a été considéré. Pour situer le niveau des enjeux, le premier schéma couvrirait un peu moins de deux consommations journalières françaises, le second quatre fois cette consommation. Pour satisfaire ces productions, il serait nécessaire de forer près de 23 000 puits dans le cas de « *some shale gas* » et un peu plus de 50 000 puits dans le cas de « *shale gas boom* ». En ce qui concerne la surface au sol, elle serait comprise entre 250 km² et 500 km², soit l'équivalent du lac Léman (29).

Figure 6 - Deux projets de développement du gaz de schiste



Source : Pöyry, 2013.

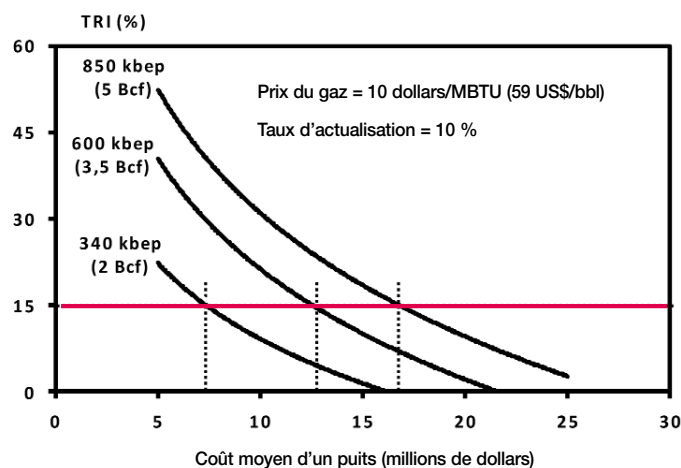
Pour produire la même quantité d'énergie à partir de panneaux solaires ou de fermes d'éoliennes, la surface requise au sol serait sept à dix fois supérieure [Charlez, 2014]. Pour satisfaire les besoins de la fracturation hydraulique, l'utilisation globale d'eau serait comprise entre 500 millions de mètres cubes (Mm³) et 1 milliard de mètres cubes (Gm³) sur trente ans, valeur à comparer avec la consommation annuelle d'eau en France qui, pour la seule année 2012, était de... 33 Gm³. Du point de vue socio-économique, « *some shale gas* » et « *shale gas boom* » réduiraient à l'horizon 2035 la dépendance énergétique de l'Europe à 78 % et 62 % (contre plus de 90 % dans le cas d'une absence de développement).

Toujours à l'horizon 2035, le prix du gaz serait réduit de 10 % à 20 %, et le prix de l'électricité de 10 %. Entre 1 600 G€ et 3 400 G€ de PIB européen seraient générés sur la période 2020-2050, soit une contribution moyenne à la croissance annuelle comprise entre 0,3 % et 0,6 %. Enfin, suivant le schéma, 0,5 à 1,1 million d'emplois seraient générés à l'horizon 2050.

Transformer ce projet en réalité est conditionné par la levée de trois verrous :

- Le premier est de nature géologique. C'est seulement grâce au lancement de nombreux projets pilotes incluant chacun quelques dizaines de puits d'exploration qu'il sera possible d'estimer l'état réel des ressources.
- Le second est économique (figure 7 ci-contre). Au prix actuel du gaz européen, un puits « ISO Barnett » (3,5 Bcf⁽³⁰⁾ de réserves associées) devra être réalisé à environ 13 M\$⁽³¹⁾. Compte tenu du marché des services pétroliers existant aujourd'hui en Europe (peu d'appareils de forage et de flottes de fracturation, monopole de quelques grandes compagnies de services), le coût intégré minimal d'un puits avoisine les 20 M\$. Réduire de façon significative le coût des puits en encourageant notamment l'émergence d'un marché local de services passe d'abord et avant tout par un engagement politique volontaire.

Figure 7 - Taux de rentabilité hors fiscalité en fonction du coût des puits pour un prix du gaz de 10 \$/MMBtu et un taux d'actualisation de 10 %



Source : Philippe Charlez.

- Le troisième couvre toutes les questions sociétales et culturelles. Contrairement à l'Amérique du Nord, le Vieux Continent ne possède que peu de culture pétrolière. Dans une Europe fortement urbanisée, le forage et la fracturation hydraulique représentent des « menaces » pour l'ensemble des parties prenantes [Charlez et Baylocq, 2014]. Convaincre pour faire adhérer demandera à la fois de la pédagogie, de la transparence, des campagnes de communication adaptées, un engagement total envers les communautés locales [Messina, 2013] et la révision profonde de certaines réglementations. Il est indispensable que le jeu soit « gagnant-gagnant » pour que chacun puisse y trouver son compte. Le droit minier, exclusivement favorable aux gouvernements nationaux dans tous les États membres, n'est évidemment pas un élément suscitant la motivation des autorités et communautés locales.

D'interdictions en moratoires et d'hésitations en contradictions, l'Europe risque de rater le train de la révolution énergétique et finalement d'en être la première victime. Les marchés européens, déjà fortement défavorisés par la baisse de la demande consécutive à la crise de la dette, risquent dans les prochaines années de voir leur handicap de compétitivité s'accroître face à leurs concurrents américains.

bénéficiant d'une énergie deux à trois fois moins chère. L'indépendance énergétique américaine retrouvée montre qu'il n'y a pas de fatalité au déclin.

Notes

1. Un baril de pétrole équivaut à 42 gallons américains, soit 158,9873 litres.

2. Mbep/j : millions de barils équivalent pétrole par jour.

3. La consommation mondiale en 2013 approchait les 90 millions de barils par jour.

4. Ainsi fut appelée l'opération militaire lancée par G. W. Bush et connue sous le nom de « seconde guerre du Golfe ».

5. Il va s'effondrer dans les mois suivants à cause de la crise des subprimes.

6. Le Henry Hub est le prix spot du gaz aux États-Unis.

7. MMBtu : millions de British thermal unit. 1 MMBtu équivaut à environ 0,17 baril équivalent pétrole (bep). Début 2012, les prix du gaz au Japon étaient donc à peu près alignés sur ceux du pétrole (100 \$/bep).

8. En 1820, c'est-à-dire plusieurs dizaines d'années avant que le colonel Drake ne fore le premier puits de pétrole en Pennsylvanie, les schistes du gisement de Fredonia avaient été exploités dans l'État de New York. Durant les années 1920, une partie significative de la production de gaz américaine provenait de formations géologiques similaires dans le bassin des Appalaches.

9. Pour le gaz, il faut ajouter à ces quatre piliers fondamentaux l'existence d'un réseau de conduites très dense permettant de distribuer le gaz partout dans le pays.

10. Source : Association française des techniciens du pétrole (AFTP).

11. Hors Russie et Chine.

12. On appelle aux États-Unis ce type de développement « essai et erreur ».

13. WTI : West Texas Intermediate.

14. Cécile Maisonneuve, « Hydrocarbures non conventionnels : quelles conséquences économiques ? », Journées de la science BRGM, 13 octobre 2013. Disponible en PDF / <http://www.brgm.fr/sites/default/files/fete-science-2013-pres-gaz-schiste.pdf>

15. « L'inquiétude monte pour le secteur de la pétrochimie », BIP n° 12600, 23 mai 2014.

16. En anglais : International Energy Agency (IEA).

17. Soit à peu près équivalent à celui de 1970.

18. Source : U.S. Department of Energy (DOE).

19. La demande de gaz a doublé depuis 2007, passant de 7 à 14 bcf/j (billion cubic feet/jour ou milliard de pieds cubes/jour). Le gaz ne représente toutefois que 4,5 % de la demande intérieure chinoise de gaz.

20. Les travaux d'agrandissement du canal sont en cours.

21. Note d'analyse n° 281 du Centre d'analyse stratégique, septembre 2012 : <http://archives.strategie.gouv.fr/content/la-transition-energetique-allemande-est-elle-soutenable-note-danalyse-281-septembre-2012>

22. Cf. <http://oilprice.com/Finance/investing-and-trading-reports/USA-Energy-Independence-Sense-or-Nonsense.html>

23. Disponible en PDF : http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2012_free.pdf

24. Les réserves conventionnelles sont aujourd'hui estimées à 1 650 Gbep pour le pétrole et à 1 100 Gbep pour le gaz, ce qui, en 2005, avait conduit les experts à considérer un pic pétrolier à 95 Mbep/j à l'horizon 2020 et un pic gazier à 70 Mbep/j cinq années plus tard.

25. « Insee Analyses », n° 7, décembre 2012. <http://www.insee.fr/fr/ffc/iana/iana7/iana7.pdf>

26. Source : Energy Funds Advisors.

27. Note de benchmarking n° 14 de l'Institut Thomas More, « Gaz de schiste et Europe. Analyse comparative dans 14 pays européens », décembre 2012.

<http://www.institut-thomas-more.org/upload/media/note-benchmarkingitm-14.pdf>

28. Milliers de barils équivalent pétrole.

29. La superficie du lac Léman est de 581 km².

30. Bcf : billion cubic feet (milliard de pieds cubes).

31. Tous ces chiffres s'entendent avant fiscalité.

Bibliographie

BAVEREZ N., « La révolution énergétique américaine », *Le Figaro*, 26 juin 2013.

CHARLEZ P., *Our Energy Future Is Not Set in Stone*, Éditions Technip, 2014.

CHARLEZ P. ; BAYLOCQ P., *Pétrole et gaz de schistes en questions*, Éditions Technip, 2014 (à paraître).

COLLOMP F., « Cameron prend position pour les gaz de schiste », *Le Figaro* (Lefigaro.fr), 14 août 2013. Disponible en ligne : <http://www.lefigaro.fr/international/2013/08/13/01003-20130813ARTFIG00422-cameron-prend-position-pour-le-gaz-de-schiste.php>

IHS Cera, "Exporting the Unconventional Revolution to the World: Where, When, and How Much?", Global Energy Watch, 2013.

IHS, "The Economic and Employment Contributions of Shale Gas in the United States", étude, IHS Global Insight, décembre 2011.

International Energy Agency (IEA), "World Energy Outlook 2013", OECD/IEA, 2013.

International Gas Union (IGU), "World LNG Report 2011", 2012. Disponible en PDF : http://www.igu.org/sites/default/files/node-page-field_file/LNG%20Report%202011.pdf

MESSINA D. (Hutton Energy), "Shale Insights", Shale World, mai 2013.

PricewaterhouseCoopers (PwC), "Shale Gas: A Renaissance in US Manufacturing?", décembre 2011. Disponible en PDF : http://www.pwc.com/en_US/us/industrial-products/assets/pwc-shale-gas-us-manufacturing-renaissance.pdf

Pöyry Management Consulting, "Macroeconomic Effects of European Shale Gas Production: A Report to the International Association of Oil and Gas Producers (OGP)", novembre 2013.

U.S. Energy Information Administration (EIA), "Technically Recoverable Shale Oil & Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the US", juin 2013. Disponible en PDF : <http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/fullreport.pdf>

LA COMPÉTITIVITÉ EUROPÉENNE VICTIME DES HYDROCARBURES NON CONVENTIONNELS ?

*Jean-Marie Chevalier
Patrice Geoffron*

Université Paris Dauphine, Leda-CGEMP (1)

Les Européens voient émerger un nouveau concurrent, les États-Unis, susceptible de les bousculer dans les productions industrielles intensives en énergie où ils détenaient jusqu'alors un leadership. Cette nouvelle donne résulte de l'exploitation massive d'hydrocarbures non conventionnels aux États-Unis, gaz de schiste en tête. Ce phénomène, masqué jusqu'à présent par la crise économique, se présente comme un facteur de premier ordre pour la compétitivité industrielle et la performance macroéconomique durant cette décennie et les suivantes. Les Européens doivent, dans « l'audit » de leur organisation économique, mettre la question énergétique à l'agenda et inventer une politique « postmoderne » qui combine une transition accélérée vers le « bas carbone » (via, en particulier, d'importants efforts d'efficacité) et un usage raisonné des ressources en hydrocarbures dans le territoire de l'Union européenne.

Depuis 2007, la crise économique a profondément et durablement ébranlé la richesse des nations. Partiellement occultée par les fracas de cette crise et ses rebondissements multiples, s'enclenchait durant cette même période une révolution énergétique aux États-Unis, facteur décisif pour la compétitivité et les équilibres macroéconomiques de la décennie en cours, et sans doute des suivantes. Pour les Européens, la perspective est de voir émerger, avec des États-Unis exploitant intensivement leurs hydrocarbures non conventionnels, un redoutable concurrent

« low cost », qui, après avoir dopé sa compétitivité depuis les années 1990 avec les recettes de la « nouvelle économie », ravive maintenant ses avantages comparatifs avec ceux de l'« ancienne économie » basée sur l'exploitation des ressources minières, et commence à en tirer avantage pour s'engager déjà dans l'après-crise.

S'il sera difficile de prendre en 2015 la mesure des changements induits par ce basculement (2), chacun admettra qu'un monde dans lequel les États-Unis (de surcroît adossés aux ressources du Canada) regagnent rapidement en autonomie pour leurs importations de

gaz (ce qui est déjà acquis) et de pétrole (ce qui est en cours) sera singulièrement différent de celui dans lequel les Américains auraient eu à affronter une dépendance croissante (avec des investissements massifs pour être fournis en gaz liquéfié). Ces deux « mondes » sont, à l'évidence, très dissemblables sur les plans géopolitique ⁽³⁾ et macroéconomique. Ces dimensions géopolitique et économique étant entrelacées, l'analyse prospective est singulièrement délicate. Pour l'Europe, il est impératif et urgent de penser cette complexité accrue et d'adapter l'« intelligence économique » des acteurs publics et privés à cette donne nouvelle. L'Union européenne (UE) est la zone du monde qui exporte le plus de produits intensifs en énergie, de sorte que la menace, selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE, IEA en anglais), est de voir cette part de marché réduite d'un tiers en vingt ans sous l'effet des variations des coûts énergétiques [IEA, 2013]. L'affaire est donc sérieuse.

Quand les États-Unis se redécouvrent un destin industriel

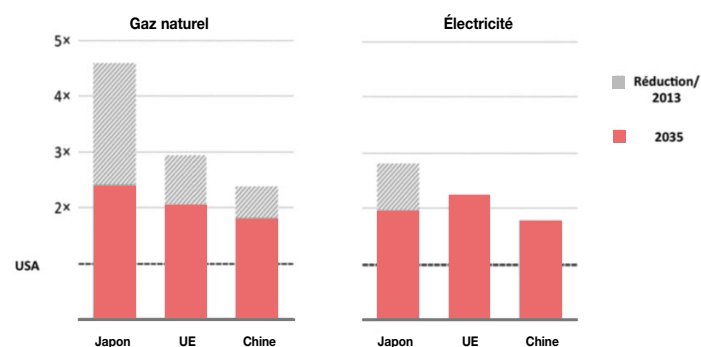
Les États-Unis constituent une économie en voie de tertiarisation avancée, le secteur des services pesant près de 80 % du PIB, soit 6 % de plus qu'au Japon et 10 % de plus qu'en Allemagne. Cette vision est symbolisée par de nombreux « champions » (d'Apple à Nike) qui ont conservé dans l'espace nord-américain les fonctions tertiaires supérieures (de la R&D au marketing) et externalisé la production. Le surgissement des hydrocarbures non conventionnels (sans nécessairement infléchir la stratégie des entreprises précitées) est de nature à enrichir le portefeuille d'activités américain, en refondant une compétitivité pour certaines productions industrielles dans l'espace national. Pour comprendre ce que pourraient changer les hydrocarbures non conventionnels dans la trajectoire de l'économie américaine, il convient de distinguer différents cercles concentriques.

Tout d'abord, dans le périmètre direct des industries pétrolière et gazière, l'effet en matière de création d'emplois et de valeur ajoutée est très sensible, car les États-Unis disposaient, dès avant l'essor du gaz et des huiles non conventionnels, d'une concentration d'actifs industriels et de compétences humaines aux différents maillons de la chaîne de valeur associée : acier, équipements de forage, de transport, de stockage (et, par ricochets, dans les technologies de l'information, la finance, l'hôtellerie...). Selon l'étude la plus citée du cabinet IHS Cera, les hydrocarbures non conventionnels supporteraient d'ores et déjà plus de 2 millions d'emplois, et probablement plus de 3 millions en 2020 (dont la moitié dans le gaz de schiste) [IHS, 2012]. Cette dynamique économique est certes dense dans les États producteurs ⁽⁴⁾, mais, au-delà, il est à noter que l'État de New York (qui a pourtant banni la fracturation hydraulique) bénéficie de la création de 40 000 emplois, et la Californie de 100 000 par effet de diffusion [Yergin, 2014]. En contrepoint, certaines études mettent certes en avant les financements importants nécessaires à cette activité très capitalistique et peu intensive en emplois [Centner et Hatzenbuehler, 2012], et soulignent que, à la fin de la récession en 2010, le taux de croissance dans ce secteur d'activité a été équivalent à celui des autres secteurs industriels [CFR, 2013].

Mais les effets ne peuvent être appréciés seulement dans le périmètre direct des filières industrielles concernées par la production d'hydrocarbures non conventionnels et par leurs fournisseurs. Il convient également d'observer l'effet sur les prix d'accès à l'énergie. La baisse du prix du gaz a bénéficié aux ménages américains à hauteur de 650 dollars par an en 2013. Cet impact doit être doublé si l'on prend en compte la répercussion par les entreprises de la baisse de leur facture énergétique sur le prix de leurs produits et services finals. Cet effet global pourrait atteindre 2 700 dollars par ménage et par an en 2020 [Yergin, 2014]. Car les entreprises américaines ont accès à une énergie à des niveaux de prix parmi les plus faibles du monde : l'électricité coûte environ 50 euros le mégawattheure (€/MWh) contre 120 €/MWh en Europe, et le gaz 10 €/MWh

contre 40 €/MWh [Assemblée nationale, 2014]. L'AIE prévoit, certes, un resserrement de cet écart, mais la perspective pour les entreprises européennes (et japonaises) est de devoir payer gaz et électricité deux fois plus cher que leurs concurrentes américaines (cf. graphique 1).

Graphique 1 - Différentiels de prix gaziers et électriques



Source : IEA [2013].

Mais l'essentiel à court terme se joue probablement dans les effets induits par la baisse du prix du gaz « matière première » dans des secteurs comme la chimie et la pétrochimie. La division par deux du prix de l'éthane entre 2008 et 2012 s'est mécaniquement traduite en avantage majeur pour l'éthylène américain (comparativement à la filière européenne basée sur le vapocraquage du naphta, indexé sur le prix du pétrole) [Institut Montaigne, 2014]. Ce retournement à caractère structurel conduit les compagnies européennes et asiatiques à investir dans de nouvelles capacités de production sur le sol américain. Selon l'American Chemistry Council (ACC), 117 milliards de dollars (Md\$) d'investissements dans la filière pétrochimique sont programmés, dont plus de 60 % par des entreprises non américaines, de sorte que l'excédent commercial du poste chimie devrait passer de 800 Md\$ à 46 Md\$ entre 2012 et 2020 [ACC, 2014].

Certains objectent que le poids économique des activités concernées est peu important, les secteurs intensifs en gaz ne pesant que 1,2 % du PIB américain [Iddri, 2014]. Et même si ces derniers ont vu leurs exportations nettes tripler (de 10,5 Md\$ en 2006 à 27,2 Md\$ en 2012), cette progression est mimine

dans le total du déficit commercial américain (près de 800 Md\$ en 2012). Mais l'analyse rétrospective est sans doute limitée, car il convient de parvenir à anticiper les transformations de la structure de production en raison de l'attractivité nouvelle d'un espace économique offrant des garanties à long terme concernant le prix du gaz et de l'électricité. Par exemple, après avoir financé le sauvetage de l'industrie automobile, le président américain a injecté 20 Md\$ dans ce secteur pour promouvoir l'usage des carburants alternatifs. La loi « Natural Gas Act » soutenant la motorisation au gaz devrait favoriser l'utilisation de ce combustible dans le transport. Et il a mentionné, dans son adresse à la nation de janvier 2014, le bas prix du gaz comme un phénomène majeur et durable. Les autorités américaines fédérales et locales seront d'autant plus incitées à agir que les recettes fiscales cumulées induites par les hydrocarbures non conventionnels pourraient dépasser les 1 500 Md\$ [Yergin, 2014].

Enfin, même si l'argument est difficile à chiffrer économiquement, le fait d'avoir rejoint le cercle des *market makers* énergétiques confère aux États-Unis un pouvoir géopolitique étendu. On observe que, alors que ce n'était pas le cas lors des épisodes de 2006 et de 2009, la perspective d'importation de gaz naturel liquéfié (GNL) américain vers la fin de la décennie dans l'est de l'Europe est apparue dans le cadre du conflit russo-ukrainien en cours. Et les Américains jouent de cet argument comme d'un atout dans la négociation (difficile) du traité commercial transatlantique avec les Européens.

Europe : les non-conventionnels dans la transition énergétique ?

La Commission européenne, en préparation du paquet « énergie-climat » de 2030, a lancé en 2014 une alerte sur la dégradation de la « compétitivité énergétique » de

l'Union par rapport aux États-Unis, mais également par rapport aux grands émergents : « Certes, l'énergie n'a jamais été bon marché en Europe, mais l'écart de prix dans le domaine de l'énergie entre l'UE et ses principaux partenaires économiques s'est encore accentué au cours des dernières années. Le prix moyen du gaz pour les entreprises dans l'UE est aujourd'hui trois à quatre fois supérieur aux prix correspondants aux États-Unis, en Inde et en Russie, il est supérieur de 12 % au prix pratiqué en Chine [...] Aux États-Unis et en Russie, le faible niveau des prix du gaz (et par conséquent, des prix du charbon) a contribué à faire baisser les prix de l'électricité dans ces pays. [...] La part des biens à forte intensité énergétique dans les exportations de l'UE a diminué de manière significative alors que le volume de composants intermédiaires à forte intensité énergétique en provenance d'économies émergentes telles que le Brésil, la Russie et la Chine est en augmentation » [CE, 2014, pp. 15-16]. Cette préoccupation est également partagée par nombre de gouvernements des États membres, à commencer par l'Allemagne, qui est l'économie la plus dépendante de ses exportations (y compris intensives en énergie) et qui, à l'amorce de son *Energiewende* (« transition énergétique »), subit une hausse de ses coûts énergétiques. Les autorités allemandes alertent même sur un risque de « dramatique désindustrialisation » sous l'effet des dérives des coûts énergétiques [IHS, 2014].

Quels leviers sont disponibles de ce côté-ci de l'Atlantique pour prendre en compte la nouvelle donne énergétique ?

Aider les industriels intensifs en énergie ? Un traitement « asymétrique » des industriels selon leur exposition aux risques induits pas la révolution américaine est un impératif de court terme. Cette approche est celle privilégiée en Allemagne, qui, dans le cadre de l'*Energiewende*, fait (schématiquement) porter l'effort sur les ménages plutôt que sur les industriels intensifs en énergie. Les industriels allemands bénéficient ainsi d'exonérations partielles ou totales du tarif d'accès aux réseaux électriques [CRE, 2013], notamment ceux qui présentent un

profil de consommation régulier ou « anticyclique » (consommant peu aux heures de pointe et beaucoup aux heures creuses) (5). L'adoption de telles mesures pour la France relève également de l'urgence (6).

Insérer nos ressources en hydrocarbures non conventionnels dans les processus de transition énergétique ? Le débat se tient à l'échelle nationale : alors que la Pologne, la Grande-Bretagne ou le Danemark (ou encore l'Ukraine aux confins de l'UE) s'engagent dans l'exploration de leurs ressources en hydrocarbures de schiste, la France ou la Bulgarie ont prohibé l'usage de la fracturation hydraulique, seule technologie en usage pour l'heure (et sans doute pour toute la décennie). Quoi qu'il en soit, tout porte à croire que les enjeux économiques ne sont pas du même ordre en Europe qu'aux États-Unis, cela pour différentes raisons. Tout d'abord, les conditions d'exploitation seraient assez foncièrement différentes en raison d'une urbanisation plus dense de ce côté-ci de l'Atlantique (population trois à quatre fois supérieure au kilomètre carré en France, par exemple), caractéristique restreignant les zones d'extraction ainsi que la proportion de gaz récupérable et tirant les coûts d'exploitation vers le haut. Par ailleurs, les données disponibles suggèrent que la géologie est moins favorable avec des bassins plus petits et plus accidentés. Ces facteurs, combinés à d'autres (moins d'expertise dans l'extraction, moins d'équipements directement mobilisables, un réseau de transport de gaz moins maillé...), suggèrent non seulement que les volumes d'exploitation seraient moindres, mais également que le coût du gaz extrait serait bien plus élevé qu'aux États-Unis. Rien ne permet donc de dire sérieusement que l'exploitation des hydrocarbures non conventionnels représente en Europe, comme cela se confirme aux États-Unis, un potentiel *game changer*.

Si l'Europe ne peut pas reproduire la stratégie américaine avec le même impact, faudrait-il refermer le dossier des gaz et huiles de schiste pour autant ? Certainement pas, et pour trois raisons au moins :

- Les Européens doivent veiller à leur sécurité collective en ce qui concerne les approvisionnements en

hydrocarbures, ressources qui pèseront encore longtemps dans notre bilan énergétique, a fortiori dans un environnement où les Américains pourraient, eux, avoir conquis une grande autonomie énergétique. Dans ce contexte, l'évaluation des réserves européennes non conventionnelles relève, en quelque sorte, du principe de précaution pour la sécurité collective européenne, comme le rappellent les tensions avec la Russie.

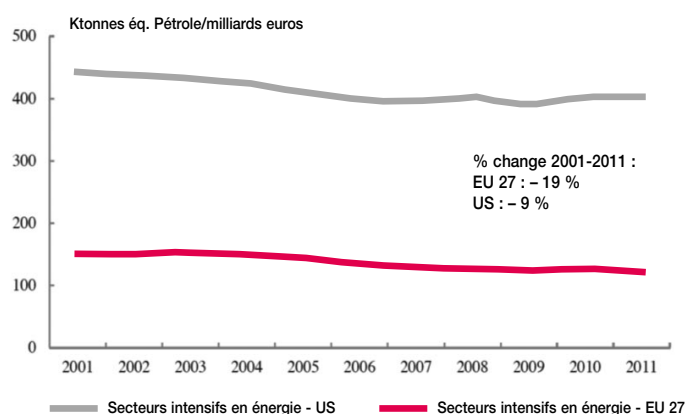
- Si certains États membres devaient s'engager dans une exploitation de leurs hydrocarbures non conventionnels, cela ne les détournerait pas de l'objectif commun de transition énergétique. Les ressources locales se substitueraient aux ressources importées, sans augmenter les émissions (qui devront suivre l'objectif d'une réduction de 80 % en 2050). Ainsi le Danemark subordonne l'exploitation de ses ressources à une stratégie de transition très ambitieuse (avec l'objectif de « décarboner » totalement la production électrique en 2050) et voit dans les hydrocarbures locaux une source de financement potentielle pour sa politique énergétique.

- Les États membres disposant de ressources significatives (ce qui est probablement le cas de la France) pourraient en faire une arme de négociation face à leurs fournisseurs (russes, notamment). Les exemples abondent, depuis 2012, de renégociations à la baisse du prix dans les contrats de long terme pour tenir compte de la nouvelle donne sur le marché du gaz (baisse de la demande européenne combinée à une surcapacité de GNL, notamment induite par le retournement américain). Nul doute que le prix futur du gaz serait impacté par une éventuelle exploitation dans l'espace de l'Union. Cela ne conduirait pas, en toute hypothèse, les entreprises européennes à bénéficier d'un gaz « bon marché » comme aux États-Unis, mais il serait dommageable de se priver de cette carte dans nos négociations commerciales. Les gaz non conventionnels européens pourraient bien avoir une « valeur d'option », en produisant des effets économiques positifs même sans être extraits.

Agir sur le levier de l'efficacité énergétique ? Mais le principal enseignement à tirer de l'expérience

américaine est sans doute ailleurs. Dès lors que l'exploitation des ressources non conventionnelles européennes ne changera pas la « donne », les Européens doivent concentrer leurs efforts sur l'amélioration de l'efficacité énergétique. En effet, face à une concurrence américaine dopée par une énergie à bas coûts, au moment où le développement des renouvelables tire les prix de l'énergie en Europe vers le haut, la réplique ultime relève nécessairement de la recherche du meilleur niveau d'efficacité énergétique dans l'industrie. Le secteur manufacturier de l'UE a déjà entamé, au fil des dernières décennies, des restructurations visant à diminuer l'intensité énergétique, efforts qui ont partiellement atténué la hausse des prix de l'énergie (cf. graphique 2). Il est crucial de les poursuivre.

Graphique 2 - Efficacité des industries intensives en énergie en Europe et aux États-Unis



Source : CE [2014].

L'énergie au menu de l'aggiornamento économique européen

Le milieu de la décennie 2010 doit être celui d'un « audit » économique de l'UE pour éviter un glissement progressif vers la stag-déflation. Les mouvements de fond sur la scène des hydrocarbures conduisent à mettre l'énergie à l'agenda de cet audit. Les Européens

déployaient en effet dans la décennie 2010 une stratégie de transition « bas carbone », certes visionnaire, mais pensée et traduite dans les règles communes dans les années 2000, c'est-à-dire avant la crise. Alors que les États de l'UE s'avancent en front dispersé (ayant l'ambition d'opérer une transition qui serait l'addition de 28 politiques nationales), les Américains fondent un renouveau industriel sur le retournement historique qui éloigne la montée d'une dépendance, auparavant perçue comme fatidique, en matière d'importation de pétrole et de gaz.

Sur le long terme, le seul sauf-conduit de l'Europe est d'être, plus encore, la zone du monde la plus efficace dans ses consommations énergétiques, seule manière d'affronter des concurrents (notamment américains) qui accéderont à un prix unitaire de l'électricité ou du gaz bien plus bas. Sur le moyen terme, il est important de proposer aux industriels intensifs en énergie un traitement préférentiel (dans le coût d'accès aux réseaux, dans la fiscalité...) pour leur laisser le temps de s'adapter. De même, pour leur sécurité collective et pour réduire leurs coûts d'approvisionnement, les États de l'UE gagneront à envisager un usage raisonné des ressources en hydrocarbures dans leurs frontières. Cette exploitation ne saurait produire les mêmes effets qu'aux États-Unis (ni dans ses bénéfices ni dans certaines de ses dérivées) et doit trouver sa place dans une stratégie de transition énergétique affrontant plus de turbulences qu'il n'était envisagé au début de ce siècle.

Notes

1. *Leda-CGEMP : laboratoire d'économie de Dauphine-Centre de géopolitique de l'énergie et des matières premières. Contacts : jean-marie.chevalier@dauphine.fr et patrice.geoffron@dauphine.fr*

2. Voir aussi l'article de Philippe Charlez, dans ce même numéro (cf. p. 57), pour une analyse des ressources et des perspectives d'exploitation.

3. Dans un cas, Américains et Russes sont liés par des relations client-fournisseur pour le commerce de gaz, dans l'autre, ils se concurrencent sur ce même marché.

4. Depuis 2008, les quatre États présentant les taux de croissance les plus élevés correspondent à ceux dans lesquels l'industrie des hydrocarbures a été la plus dynamique.

5. Certaines industries pourraient gagner à reconfigurer leur organisation pour produire davantage en périodes creuses et accéder à un prix de l'électricité plus faible.

6. Se reporter à l'audition de Philippe de Ladoucette devant la Commission d'enquête parlementaire sur les coûts de la filière nucléaire, le 30 avril 2014. Disponible en vidéo : <http://videos.assemblee-nationale.fr/video.5358.couts-de-la-filiere-nucleaire--auditions-diverses-30-avril-2014>

Bibliographie

CENTNER T. ; HATZENBUHLER H., "Regulation of Water Pollution from Hydraulic Fracturing in Horizontally-Drilled Wells in the Marcellus Shale Region", *Water*, vol. 4, 2012.

YERGIN D., "The US Natural Gas Revolution: What It Means for Jobs and Economic Growth", Testimony by Daniel Yergin, Vice Chairman, IHS, before the Joint Economic Committee of the United States Congress in Washington, DC, on 24 June 2014.

American Chemistry Council (ACC), "Notes on Shale Gas and Manufacturing", juin 2014.

Assemblée nationale (AN), « L'impact économique du gaz de schiste », rapport d'information parlementaire présenté par F. Barbier, avril 2014. <http://www.assemblee-nationale.fr/14/rap-info/i1919.asp>

Commission de régulation de l'énergie (CRE), « Analyse de la compétitivité des entreprises intensives en énergie : comparaison France-Allemagne », juin 2013. <http://www.cre.fr/documents/publications/etudes/analyse-de-la-competitivite-des-entreprises-intensives-en-energie-comparaison-france-allemagne>

Commission européenne (CE), « Prix et coûts de l'énergie en Europe », communication au Parlement, DG Énergie, janvier 2014. <http://register.consilium.europa.eu/doc/srv?l=FR&f=ST%205599%202014%20INIT>

Council on Foreign Relations (CFR), “The Shale Gas and Tight Oil Boom: U.S. States’ Economic Gains and Vulnerabilities”, Energy Brief, octobre 2013. <http://www.cfr.org/united-states/shale-gas-tight-oil-boom-us-states-economic-gains-vulnerabilities/p31568>

IHS, “A More Competitive Energiewende: Securing Germany’s Global Competitiveness in a New Energy World”, février 2014, p. 1.

IHS, “The Economic and Employment Contributions of Unconventional Gas Development in State Economies”, rapport, juin 2012.

Institut du développement durable et des relations internationales (Iddri), “Unconventional Wisdom: An Economic Analysis of US Shale Gas and Implications for the EU”, Policy Brief, n° 5, février 2014. <http://www.iddri.org/Publications/Collections/Syntheses/PB0514.pdf>

Institut Montaigne, « Gaz de schiste : comment avancer », juillet 2014. <http://www.institutmontaigne.org/res/files/orderfile/rapport%20gaz%20de%20schiste%20internet%20VF.pdf>.

International Energy Agency (IEA), “World Energy Outlook 2013”, 2013.

MANAGEMENT DES RISQUES LIÉS AUX PROJETS DE DÉVELOPPEMENT DU GAZ DE SCHISTE

Jean-Claude Perdignes

Responsable de la mission gaz non conventionnel

GDF Suez Global Gas & LNG Branch

Les gaz non conventionnels ont déjà eu un impact important sur les grands équilibres des marchés de l'énergie. Du fait de la révolution des gaz de schiste, les États-Unis sont devenus un exportateur net de gaz, aujourd'hui principalement par gazoducs vers le Mexique, une position qui sera renforcée dans un futur proche par l'exportation de gaz naturel liquéfié (GNL). Le seul gaz de schiste représenterait 27 % des ressources récupérables de gaz naturel dans le monde (210 000 milliards de mètres cubes).

Le groupe GDF Suez, un des leaders mondiaux de l'énergie et des services à l'énergie, pense que les gaz non conventionnels peuvent jouer un rôle significatif dans l'approvisionnement en gaz naturel, énergie faiblement émettrice de CO₂, dans les pays qui le souhaitent et dans le respect de règles strictes de protection des personnes, des biens et de l'environnement. Le groupe a d'ailleurs été la première société étrangère à acquérir des licences d'exploration de gaz non conventionnel au Royaume-Uni, pays qui a choisi d'avancer résolument mais avec prudence dans cette option.

L'identification et le traitement des risques liés aux gaz non conventionnels, dont certains sont communs à l'ensemble des activités traditionnelles d'extraction de gaz naturel, apparaissent comme essentiels afin de garantir que l'exploration, puis l'exploitation de ces ressources puissent se faire dans le respect des populations, des biens et de l'environnement.

Cet article traite des risques liés au développement et à la production de gaz de schiste, l'une des formes les plus connues de gaz non conventionnel ⁽¹⁾.

Les principaux risques et leur traitement

Les projets de développement ou de production de gaz de schiste, particulièrement en dehors du Canada et des États-Unis, sont une forme d'activité relativement récente. Pour partie, les risques liés à cette activité et leur mode de traitement ne diffèrent pas fondamentalement de ceux liés à la production classique de gaz sur terre telle que l'industrie la pratique, y compris dans de nombreux pays européens, depuis plusieurs décennies. Ainsi, toute activité de production de gaz naturel sur terre doit traiter et réduire au strict minimum les risques liés au forage des puits, en particulier en préservant l'intégrité des puits pour éviter les remontées de gaz à la surface, génératrices d'effet de serre, ou la pollution des nappes phréatiques, et en réduisant les risques de sismicité induite. De même, il convient, comme dans la production conventionnelle, d'assurer un traitement des déchets des différentes phases d'opération, conforme à la réglementation en vigueur et suivant les meilleures pratiques de l'industrie, le stockage et le recyclage ou l'élimination de ceux-ci, et, parallèlement, de réduire les nuisances pour les riverains (bruits, poussières, circulation) ainsi que les risques de rejets toxiques.

Au-delà des risques classiques de toute installation d'exploration ou de production de gaz naturel sur terre, principalement en matière de forage et de production, un certain nombre de risques spécifiques, en raison de leur nature ou de leur ampleur éventuelle, doivent être gérés et maîtrisés :

- La production de gaz de schiste suppose de provoquer des fissures dans une roche compacte. À l'heure actuelle, la fracturation hydraulique est considérée comme la plus fiable et la plus économique des méthodes de stimulation de la roche pour permettre le déplacement du gaz vers les parois du puits. Avant son utilisation à des fins d'extraction de gaz de schiste, cette technique a été largement utilisée et n'a cessé

d'être améliorée par l'industrie depuis plusieurs dizaines d'années dans des modes plus classiques de production de gaz (typiquement, lorsque les réservoirs conventionnels sont très compacts ou « *tight* », leurs porosité et perméabilité faibles rendent nécessaire la génération de fissures pour permettre le déplacement des hydrocarbures vers les puits).

- La production de gaz de schiste nécessite en général un nombre de sites (ou « *pads* ») de forage et de production plus élevé du fait de volumes de gaz par puits plus faibles que dans le cas du gaz conventionnel. La nature des risques afférents ne diffère pas fondamentalement de celle d'une production classique, mais il conviendra d'avoir une approche systémique prenant en compte le volume d'activité. L'empreinte au sol de cette activité, du fait du plus grand nombre de puits, est un enjeu majeur. Elle peut être fortement réduite par l'utilisation de la technique bien maîtrisée du forage horizontal, qui permet de connecter de plus gros volumes sur une surface en sous-sol importante tout en minimisant l'empreinte en surface. En outre, un seul site de forage, de la taille d'un terrain de football, peut abriter de 10 à 25 puits. Les dépôts horizontaux atteignant désormais en général environ deux à trois kilomètres, la distance entre ces *pads* est assez importante, typiquement de l'ordre de cinq kilomètres. L'impact au sol s'est donc trouvé très notablement réduit depuis le début de ces activités il y a quinze ans dans le bassin de Barnett au Texas.

Le caractère particulier de la gestion des risques environnementaux se trouve lié au fait que la production industrielle de gaz de schiste suppose un grand nombre de puits utilisant la fracturation hydraulique, répartis entre plusieurs sites de production.

- Le risque de contamination des nappes phréatiques : comme pour tout puits conventionnel de production d'hydrocarbures, l'étanchéité des puits de gaz de schiste doit être parfaite pour préserver les nappes phréatiques traversées de toute contamination et empêcher les remontées de gaz à la surface. Cela passe par la cimentation de l'espace annulaire entre la roche et les tubages en aciers spéciaux qui constituent

l'architecture du puits. La qualité des barrières d'étanchéité que constituent ces tubages, capables de résister dans le temps à de très fortes pressions et températures, est essentielle.

- Le risque de contamination en surface (par exemple, par émission de produits chimiques à partir de bacs laissés ouverts) : la conception et la construction des installations de surface doivent garantir un niveau très élevé de protection.

- L'émission de gaz à effet de serre : un monitoring en continu des émissions de gaz doit être en place pour réduire ce risque. L'enjeu est écologique mais aussi économique pour les producteurs.

- Le développement d'un site de production suppose un niveau élevé d'activité pendant la phase de forage et de fracturation hydraulique, et entraîne un certain nombre de nuisances pour les populations et l'environnement : trafic routier accru, bruits, impact visuel, etc. Une excellente logistique est donc cruciale dans le développement du gaz de schiste pour minimiser l'impact sur l'environnement et pour réduire les nuisances auprès de la population. Le choix des voies d'accès, leur renforcement temporaire éventuel pour la phase de développement sont des moyens pratiques de réduire cet impact. En zone urbaine, la pose de barrières antibruit permet de limiter très efficacement les nuisances sonores. En outre, les nouveaux appareils de forage et de fracturation hydraulique assurent des niveaux sonores réduits. Il faut noter que cette phase est rapide (de l'ordre d'un mois par puits) et que, après la phase de développement d'un site, la production elle-même ne nécessite qu'un niveau d'activité (maintenance, etc.) limité et une installation de taille réduite, qui peut être aisément intégrée à l'environnement car peu visible. Le regroupement de 10 à 25 puits sur un même site de forage permet en particulier de limiter fortement l'impact sur le paysage, une approche qui est déjà adoptée en Europe pour la production d'hydrocarbures conventionnels ou pour les sites de stockage souterrain.

- Le risque sismique : la création de fissures dans la roche profonde provoquée par la fracturation

hydraulique entraîne des secousses infimes. Dans la grande majorité des cas, ces dernières sont détectables uniquement par les appareils de mesure les plus sensibles (typiquement les enregistrements de tels microséismes atteignent au plus 0,5 sur l'échelle de Richter). Dans certains cas, par exemple au Royaume-Uni en 2011, des secousses de 1,5 à 2,3 sur l'échelle de Richter ont été décelées. Elles provenaient de la conjonction de deux éléments : la présence de zones naturellement faillées et instables sismiquement, couplée à la fracturation hydraulique. La gestion et la maîtrise de ce risque passent par des études géologiques préalables et un monitoring continu du comportement de la roche pendant et après les opérations de fracturation. Les instruments existent et sont, par exemple, déjà mis en place dans les projets d'exploration au Royaume-Uni.

Une approche adaptée à chaque projet...

Les opérations d'exploration et d'exploitation de gaz de schiste sont menées dans des zones qui peuvent différer de manière substantielle en matière de :

- cadre légal et réglementaire ;
- caractéristiques du sous-sol ;
- accès aux marchés et prix du gaz ;
- gestion de l'eau ;
- protection de l'environnement ;
- disponibilité ou non des infrastructures (routes et voies d'accès, réseaux gaziers) ;
- acceptation sociétale.

De fait, il n'existe pas une feuille de route utilisable telle quelle pour toute opération de production de

gaz de schiste dans le monde. Des bassins prouvés ou potentiels comme ceux d'Eagle Ford ou de Marcellus aux États-Unis, ou de Bowland au Royaume-Uni, nécessitent chacun une approche spécifique.

Chacune des catégories de risques citées ci-dessus doit ensuite être subdivisée en risques spécifiques. Par exemple, en ce qui concerne les régimes de réglementation en vigueur, il peut y avoir des exigences liées aux conventions internationales ou aux directives en place (comme, par exemple, la directive de l'Union européenne publiée en décembre 2013), des réglementations aux niveaux national, régional et/ou local et des permis attribués à chaque licence, voire à chaque activité industrielle pour une licence donnée, etc. Cela peut conduire à un empilement de réglementations et de procédures dont la gestion peut se révéler problématique.

Pour une bonne gestion des risques, la simplification et l'actualisation du cadre réglementaire appuyées sur une administration de type guichet unique disposant des ressources et des compétences nécessaires, notamment techniques, peuvent garantir à la puissance publique que les conditions sont réunies pour un meilleur contrôle et rassurer les opérateurs sur l'efficacité de la gouvernance. Il est à noter que l'économie de l'exploitation des gaz non conventionnels est basée essentiellement sur le prix des forages et de la fracturation hydraulique, et donc, compte tenu du prix de la location du matériel de forage, essentiellement sur la rapidité avec laquelle les activités sont réalisées. Le cadre administratif régissant l'activité doit permettre cette rapidité, sinon la rentabilité ne sera jamais atteinte.

... et à chaque phase du projet

Le processus de gestion des risques repose sur des spécifications et standards de performance, de sûreté des installations et de protection de l'environnement qui doivent

être clairement définis, quantifiés, documentés et pouvant être audités ex ante ou ex post. Ces standards de performance doivent ensuite être intégrés dans le système de management et les processus des opérateurs et de leurs sous-traitants concernant tous les aspects du développement et des phases de production puis d'abandon des sites qui peuvent avoir un impact sur la santé et la sécurité des personnes, l'environnement et les collectivités locales, ainsi que la faisabilité technique et la viabilité économique du projet.

Chaque phase de développement d'un projet de production de gaz de schiste peut comporter des risques spécifiques ou des risques qui évoluent durant la vie du projet, laquelle en règle générale peut se décomposer en sept phases :

- première phase : connaissance du potentiel technique du sous-sol. Cette phase d'exploration passe par l'analyse des données géologiques existantes puis par le forage d'un ou plusieurs puits qui permettront de mieux évaluer le potentiel technique. Elle va durer autour de cinq ans ;
- deuxième phase : définition du concept de développement avec un focus sur les études d'impact environnemental, la validation du caractère économique d'un développement éventuel, le choix des sites de forage et la conception (« design ») des puits. L'étude d'impact environnemental est essentielle. Elle permet, à partir de l'inventaire de l'écosystème existant (activités humaines, faune, flore, qualité de l'air, aquifères, etc.), d'analyser les effets directs et indirects des futures activités sur l'environnement. L'analyse d'impact environnemental sert de base au calibrage des technologies à mettre en œuvre pour maximiser la prévention des risques et les réduire afin de garantir une sécurité environnementale maximale avant, pendant et après les opérations de forage ;
- troisième phase : si le projet peut être développé de manière économique, conception d'ensemble d'un site de forage type, avec un focus sur l'obtention des permis de forer et de tester les puits, puis de développer le site ;

- quatrième phase : ingénierie de détail des sites de forage et de production, sélection des sociétés de services et des fournisseurs d'équipements ;
- cinquième phase : forage des puits, construction des installations de surface ;
- sixième phase : démarrage du site de production après autorisation par les autorités compétentes ;
- septième phase : arrêt de la production et abandon du site après sa remise en état.

À chacune des étapes d'un projet, une planification rigoureuse et un suivi fin des risques opérationnels et environnementaux sont nécessaires pour minimiser les risques et pouvoir les gérer de manière efficace.

Là encore, on peut noter que cette démarche se retrouve dans l'activité de production de gaz conventionnel, qui peut donc servir de base de référence pour les gaz de schiste. Par exemple, au Royaume-Uni, un système dit « *safety case* » est en place dans l'industrie offshore depuis plusieurs décennies. Le *safety case* comprend notamment l'ensemble du système de management de l'opérateur, des procédures et directives internes, des dispositions opérationnelles et des habilitations de chaque employé après formation ad hoc. Cet ensemble est présenté pour validation aux autorités avant de pouvoir exploiter toute installation. De même, GDF Suez a développé, pour son projet de production de gaz offshore Cygnus, un « *environmental case* » qui regroupe, en complément du *safety case*, les procédures, contrôles et formations permettant le management des risques liés à l'environnement sur le projet.

La formation en continu des personnels est bien évidemment un élément clé de la stratégie de prévention et de réduction des risques.

L'information en continu des collectivités locales et des populations, sur les activités engagées et à venir, et sur le mode de gestion des risques, est aussi fondamentale pour développer la confiance et par là même l'acceptabilité de ces activités industrielles.

Risques économiques

Comme toute activité industrielle, l'exploration et la production de ressources de gaz de schiste obéissent à des impératifs de rentabilité, fonction du niveau de risque économique que les investisseurs sont prêts à prendre. Ce risque est influencé principalement par les volumes de gaz présents, le taux de récupération du gaz en place, le taux de production par puits, la disponibilité et les conditions d'accès aux infrastructures de traitement et de transport du gaz, les prix de vente du gaz et les coûts de développement puis d'exploitation, eux-mêmes dépendant en partie de l'existence d'une industrie locale capable d'apporter des prestations de qualité à des coûts compétitifs, et, enfin, le partage des bénéfices économiques entre, d'une part, l'État et les collectivités locales (sous forme d'impôts, voire de royalties) et, d'autre part, l'industrie.

Par rapport à la production classique de gaz, les développements de gaz ou pétrole non conventionnels nécessitent le forage en continu de dizaines de puits, car le taux de récupération par puits est plus faible et davantage lissé dans le temps que dans la plupart des développements classiques. En effet, un puits type va produire à un débit élevé mais avec une courbe de décroissance forte pendant les deux premières années, puis il va continuer à produire pendant de nombreuses années des volumes réduits.

Ces engagements à long terme ne peuvent être pris par les opérateurs industriels que si le cadre réglementaire et fiscal est clair et prévisible sur le long terme.

La gestion de l'eau est fondamentale

Pour produire des gaz de schiste, piégés dans la roche mère compacte, il faut créer des fissures au sein de cette dernière afin de permettre le déplacement du gaz vers les

puits et, de là, vers la surface. Le procédé de la fracturation hydraulique qui est utilisé à cette fin nécessite des volumes d'eau importants (environ 15 000 litres par puits), qu'il faut livrer puis traiter avant injection. Une partie de l'eau injectée lors de la fracturation ressort immédiatement. Ensuite, pendant toute la phase de production de gaz, il y a également production d'eau, laquelle eau doit être aussi traitée. Les principaux risques sont :

- la disponibilité d'un approvisionnement en eau suffisant et ne mettant pas en péril les grands équilibres hydrauliques du pays et/ou de la région de production. Par exemple, nos études internes d'impact effectuées avant l'entrée du groupe dans des licences d'exploration au Royaume-Uni ont ainsi montré que l'approvisionnement en eau pouvait être sécurisé, sans risque pour la fourniture en eau des populations ou collectivités et sans changer les équilibres régionaux ou nationaux ;
- le transport, le stockage et le traitement de l'eau autour du site de production. Ces dimensions doivent être intégrées très en amont dans la définition du concept de développement pour bien dimensionner les installations, mais elles ne présentent pas de risques industriels spécifiques ;
- le traitement des eaux remontant à la surface, leur recyclage et la gestion des résidus et impuretés (l'eau en remontant s'est chargée en sels, particules et molécules d'hydrocarbures). En particulier, le recyclage des eaux préalablement injectées est un enjeu majeur. Suivant les lieux de forage, jusqu'à 80 % de l'eau injectée est ainsi récupérée en surface. L'augmentation du taux de réutilisation sur site après traitement (on peut, dans certains cas, réutiliser 90 % de l'eau récupérée) permet aussi de limiter l'apport en eau sur le site de développement.

Dans ce contexte, le partenariat stratégique entre GDF Suez et Suez Environnement, un des leaders dans la gestion et le traitement des eaux, permet au groupe de proposer une palette complète de compétences pour gérer et maîtriser ces risques.

Spécificités de la fracturation hydraulique

La fracturation hydraulique consiste à injecter à haute pression dans la roche contenant du gaz de schiste un mélange composé d'eau, de sable et d'additifs. Le sable, en suspension dans l'eau, s'infiltre dans les fissures créées par la fracturation hydraulique et empêche celles-ci de se refermer, afin que le gaz naturel puisse se mouvoir vers les puits de production. Les additifs, dont plusieurs listes ont été publiées sur Internet, représentent environ 0,5 % du mélange. Leurs principales fonctions sont de maintenir le sable en suspension dans l'eau puis dans les fissures et d'assurer que le réservoir ne sera pas contaminé par des bactéries provenant de la surface.

Avant le démarrage des opérations de stimulation hydraulique elles-mêmes, la gestion des risques potentiels commence avec le design des puits, la sélection des matériaux et équipements qui vont être utilisés et doivent être capables de résister aux fortes pressions et aux forts débits auxquels ils seront soumis à court et à long terme.

La stimulation à haute pression doit aussi prendre en compte les caractéristiques géologiques du site considéré, ainsi que l'historique de forages passés ou de forages analogues afin de réduire le risque de microséismes. En outre, des appareils de surveillance en continu de l'activité sismique peuvent être mis en place pour capter en temps réel toute anomalie et modifier, voire arrêter en temps utile, des opérations de forage. On rappelle que la fracturation hydraulique est une technique bien maîtrisée par l'industrie du pétrole et du gaz, y compris pour produire des gaz conventionnels.

Comme indiqué plus haut, un autre risque géologique associé aux opérations de gaz de schiste est l'éventuelle pollution des nappes phréatiques. Ce risque peut être très limité par le respect d'une

conception de puits solide, avec des barrières d'étanchéité efficaces dans le temps.

Le développement des fractures créées par la stimulation hydraulique et leur propagation font l'objet d'un contrôle très fin et d'une estimation au mieux de leurs direction et étendue, à la fois pour optimiser la récupération du gaz et pour prédire l'éventuel impact sur l'équilibre tectonique.

Abandon des installations en fin de vie

Cette phase ne diffère pas fondamentalement de celle associée à une production classique. Le traitement des risques afférents sera donc semblable à celui qui prévaut pour une installation conventionnelle. Il s'agit dans les deux cas d'obturer les puits abandonnés et de remettre en état les sites de production.

Pour l'abandon des puits, il convient de s'assurer que cette obturation résistera dans le temps et, en particulier, aux risques de dégradation des matériaux utilisés et de montée en pression du réservoir. L'utilisation des meilleurs matériaux est nécessaire depuis la conception et la réalisation des puits jusqu'aux opérations d'abandon avec cimentation des puits et pose d'un bouchon protecteur. La remise en état des sites abandonnés est bien couverte par les réglementations en vigueur en Europe.

La gestion des risques techniques et environnementaux liés à la production de gaz de schiste est en grande partie identique à celle qui est en vigueur dans l'industrie du pétrole et du gaz pour la production conventionnelle. Certains risques spécifiques doivent donner lieu à une approche ad hoc, en particulier la gestion et le traitement de l'eau.

La maîtrise des divers risques nécessite surtout un cadre réglementaire rigoureux et clair, l'application des meilleures pratiques de l'industrie et la formation des personnels. Elle passe également par la mise au point de technologies toujours plus innovantes (2), pour réduire le nombre de puits nécessaires, limiter l'apport en eau et en additifs dans les opérations de stimulation de la roche mère, par le développement d'une offre performante de services et d'équipements, permettant d'optimiser les coûts de revient sans compromettre la qualité, la sécurité des personnes et des biens et la protection de l'environnement. Cela suppose une coopération étroite entre les pouvoirs publics, les opérateurs, les équipementiers, les sociétés de services et les centres de recherche.

Notes

1. Outre les gaz dits de schiste, les gaz non conventionnels principalement exploités aujourd'hui comprennent les gaz associés aux veines de charbon : gaz de mine et gaz de couche (« coalbed methane » en anglais, dit « coal seam methane » en Australie).

2. Parmi les pistes d'innovation en cours, on peut citer : l'amélioration de la connaissance du comportement des roches pendant et après stimulation par imagerie 2D et 3D ; le développement de capteurs sans cesse plus sensibles pour enregistrer les microsecousses et, partant, améliorer la connaissance du sous-sol et optimiser la stimulation ; l'augmentation du taux de recyclage des eaux de récupération ; l'utilisation d'eau saumâtre, voire d'eau de mer, pour la fracturation ; la mise au point de nouveaux « proppants » (matériaux qui permettent de maintenir les fissures actives – on utilise principalement le sable actuellement) et additifs et de techniques alternatives à la fracturation hydraulique qui permettraient de réduire les besoins en eau et d'améliorer l'efficacité de la fracturation.

LES GAZ DE SCHISTE ENTRE RATIONALITÉ ET RAISONNABILITÉ

Jérôme Courcier

Président de Principes Climat

En 2013, l'association Principes Climat, qui réunit des établissements financiers, a publié une note d'orientation ⁽¹⁾ sur les risques associés à l'exploitation du gaz de schiste identifiant les indicateurs clés de performance qu'elle souhaite voir appliqués par les sociétés productrices d'énergie et qui reflètent leur mode de gestion des risques sociaux et des impacts environnementaux liés à leurs opérations. Ces lignes directrices recensent seize domaines de « pratiques commerciales responsables ». Quatre concernent la qualité de la gestion d'ensemble des entreprises, la responsabilisation et la communication, et douze concernent spécifiquement les activités opérationnelles.

Depuis la crise ukrainienne, la question des gaz de schiste et de leur rôle dans le futur mix énergétique français revient sans cesse sur le devant de la scène. En effet, en France, l'exploration et l'exploitation des gaz de schiste sont régies par la loi du 13 juillet 2011 interdisant la fracturation hydraulique. A contrario, au sein de l'Union européenne, dix États ont octroyé des permis d'exploration ou d'exploitation : le Danemark, l'Allemagne, la Hongrie, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la Roumanie, l'Espagne, la Suède et le Royaume-Uni. Les activités d'exploration ont débuté au Danemark, en Allemagne, Pologne, Roumanie, Suède et au Royaume-Uni. Selon la Commission européenne, la production commerciale pourrait démarrer en 2015-2017 en Pologne et au Royaume-Uni.

Le gaz de schiste

De quoi parle-t-on ⁽²⁾ ? Le gaz dit « de schiste » est un hydrocarbure gazeux resté prisonnier de sa roche mère. Sachant que la formation des hydrocarbures résulte de la transformation de sédiments riches en matière organique (débris de plantes, algues, restes de plancton et d'animaux morts) sur des durées de plusieurs millions d'années, les « roches mères » sont ces couches riches en matière organique recouvertes par des sédiments classiques (sables, calcaires, marnes). Ces roches ne sont pas des schistes à proprement parler ⁽³⁾, mais, comme ces derniers, elles présentent souvent une alternance de couches claires (pauvres en

matière organique) et de couches sombres (riches en matière organique), d'où leur dénomination.

Le processus chimique qui transforme les sédiments d'origine organique est fonction de la pression et de la température. La première substance intermédiaire entre la matière organique et les hydrocarbures est appelée kérogène, en raison de son aspect cirieux (*kêros* en grec). À 4 000 m de profondeur, le kérogène génère essentiellement du gaz, qualifié de « thermogénique » (produit par la chaleur). Entre 4 000 m et 2 000 m de profondeur, le kérogène donne essentiellement de l'huile. Au-delà, la pression et la température ne sont pas suffisantes pour transformer la matière organique en hydrocarbures, mais du méthane peut se former sous l'effet de bactéries (on parle alors de gaz « biogénique »).

On estime à moins de 1 % les hydrocarbures issus du kérogène qui rencontrent, en migrant vers la surface, le cas favorable d'une roche perméable et poreuse (roche-réservoir) recouverte d'une couche imperméable (couverture) et qui se concentrent donc dans des accumulations exploitables sous forme de gisements conventionnels. Les 99 % restants soit atteignent la surface et sont biodégradés, soit demeurent dispersés dans les roches traversées lors de leur migration (on parle alors de « gaz de réservoirs compacts »), soit restent prisonniers dans les roches mères (10 % à 40 %). Pour récupérer ces derniers, il faut donc « fracturer » la roche en y injectant sous très haute pression de grands volumes de fluide, destinés à la microfissurer. Cette technique relativement ancienne (1947), inventée pour « stimuler » les gisements d'hydrocarbures conventionnels, a vu son intérêt renouvelé par son association au forage horizontal (développé, lui, à partir de 1980).

■ Les impacts « contrôlables » de l'exploitation

Quels sont les principaux risques et incidences associés à l'exploitation de ces gaz de roche mère ? Ils sont en premier lieu environnementaux et ont trait essentiellement à l'utilisation, et à l'éventuelle pollution,

des biens communs de l'humanité que sont l'eau, l'air, la terre, l'énergie, et l'atteinte de la biodiversité. De prime abord, ces impacts sont contingents et peuvent donc être contrôlés.

◆ Utilisation de l'eau

Ainsi, pour éviter une utilisation abusive des ressources en eau ⁽⁴⁾, les industriels peuvent s'engager à n'utiliser que des eaux recyclées, voire des eaux industrielles, ou des ressources d'aquifères salins profonds. De même, pour limiter les risques de contamination accidentelle des nappes phréatiques, les industriels peuvent, en concertation avec les compagnies des eaux, s'interdire de forer à proximité des zones de captage, voire s'engager à n'utiliser que des boues de forage aqueuses ou gazeuses, ou bien que des fluides de fissuration non toxiques ⁽⁵⁾. Ils peuvent également accepter de traiter convenablement les eaux résiduelles (refoulées ou produites ⁽⁶⁾), cimenter correctement et tester les puits ⁽⁷⁾, faire des études géologiques approfondies pour prévenir tout accroissement de la sismicité et identifier les éventuelles poches de gaz biogénique intermédiaires ainsi que les contraintes locales, les failles, les défauts, les mines et les puits abandonnés, susceptibles de servir de voie de migration vers les nappes phréatiques ⁽⁸⁾, ou encore appliquer une distance minimale entre la surface et la zone fracturée.

◆ Pollution de l'air

Pour limiter les risques de pollution de l'air ambiant par le méthane ⁽⁹⁾, qui est un gaz à effet de serre au potentiel de réchauffement beaucoup plus fort que le CO₂, les industriels peuvent s'engager à capturer le gaz produit lors de l'achèvement du puits (plutôt que de le ventiler ou de le torcher), recourir à l'observation visuelle et aux tests de pression mécaniques ou infrarouges afin d'identifier les émissions fugitives ; ils peuvent utiliser des alternatives au diesel pour alimenter les véhicules et les équipements (de forage, de pompage, de compression, de mélange, de traitement des gaz, de distillation, etc.) ou encore remplacer les camions par des tuyaux pour le

transport des intrants et des extrants (aqueducs, gazoducs, etc.).

◆ Atteinte à la biodiversité

Pour atténuer les impacts sur la biodiversité, les industriels peuvent s'engager à stocker tous leurs fluides primaires ou secondaires dans des récipients fermés plutôt que dans des réservoirs à ciel ouvert (de façon à en restreindre l'accès à la faune et au bétail), limiter leurs activités pendant les périodes de reproduction, sélectionner les sites de forage, les insonoriser complètement puis les reconditionner.

◆ Gêne des populations riveraines

Pour faciliter l'acceptation de leurs opérations par les populations locales, les industriels peuvent faire des efforts en matière de gouvernance, c'est-à-dire tout d'abord sélectionner des sites qui ne sont pas situés à proximité de zones résidentielles, d'écoles, d'églises, de cimetières, etc. Ensuite, ils ont la possibilité d'opérer avec du personnel formé, d'effectuer des exercices de sécurité et d'évaluer régulièrement les performances de leurs sous-traitants (foreurs, soudeurs, chauffeurs routiers, avocats, etc.) afin de prévenir les accidents. Enfin, ils peuvent surveiller, mesurer et rapporter publiquement tous les risques perçus, les incertitudes et les incidents occasionnés, voire établir avec toutes les communautés locales des processus d'engagement incluant non seulement une évaluation des risques environnementaux de l'ensemble du cycle d'extraction du gaz de schiste, mais aussi des mécanismes de résolution des conflits par des tiers de confiance.

Tous ces traitements, proposés par les industriels eux-mêmes, sont techniquement réalisables et n'ont pour seul inconvénient que leur caractère onéreux. D'ores et déjà les industriels estiment qu'en Europe, compte tenu du cadre fiscal ⁽¹⁰⁾, juridique ⁽¹¹⁾ et environnemental, le coût de production du gaz ne sera pas de 4 dollars le MMBtu ⁽¹²⁾ comme aux États-Unis, mais plutôt de 8-9 dollars ⁽¹³⁾, ce qui est très proche du prix de vente actuel du gaz conventionnel (10-12 dollars).

■ Les risques « sociaux » inhérents à l'activité

En revanche, il appert que trois types de risques sont essentiels à l'extraction du gaz de roche mère et ne dépendent donc pas des industriels.

◆ Contamination réelle ou perçue

Le premier d'entre eux est le risque social de présomption de contamination des nappes phréatiques du fait de l'accroissement de la turbidité résultant de la multiplication des forages ⁽¹⁴⁾. Il n'est en effet pas inutile de rappeler que, par essence, le gaz de roche mère est moins concentré que le gaz conventionnel et ne se livre pas facilement. En conséquence, l'ampleur des opérations industrielles pour un volume donné de production est beaucoup plus grande que pour la production conventionnelle, et donc plus invasive. Ainsi, alors que les champs conventionnels peuvent nécessiter moins d'un puits tous les dix kilomètres carrés, les champs non conventionnels peuvent requérir plusieurs puits par kilomètre carré. Selon AEA Technology ⁽¹⁵⁾, il faut environ cinquante puits de gaz de schiste pour produire la même quantité de gaz qu'un puits en mer du Nord. Et comme dans 80 % à 90 % des cas les forages croisent une nappe phréatique, on multiplie les risques réels ou perçus par les populations locales dans les zones non désertiques.

◆ Mitage du territoire

Le second, qui découle du premier, est le risque social de « mitage » des territoires résultant de la multiplication des plateformes de forage puis de production. Même si la tendance consiste à concentrer le plus grand nombre de puits par plateforme et à étendre la longueur des forages horizontaux, il n'en reste pas moins que l'empreinte au sol (entre 1 et 2 hectares par plateforme, sans compter les voies d'accès, les gazoducs ⁽¹⁶⁾, les châteaux d'eau, les aqueducs et les éventuels bassins de stockage des eaux résiduaires) découlant du maillage est conséquente, et

le risque d'enclavement difficilement acceptable pour les populations locales dans les zones non désertiques. Notons également que l'empreinte sur le sous-sol est importante puisqu'en moyenne un puits de 3 000 m de profondeur et de 1 000 m de longueur nécessite environ 600 tonnes de cerclages en acier non récupérables, ainsi que 75 tonnes de tubages réutilisables.

◆ Circulation des camions

De même, le troisième risque, et non des moindres, qui découle du second, est le risque social résultant de la multiplication des rotations de camions, statistiquement accidentogène et source de dégradations ou de pollutions. L'État de New York estime le nombre de ces rotations entre 4 315 et 6 590 par puits⁽¹⁷⁾, pour acheminer les personnels et les équipements, les boues de forages, le ciment, l'eau, le sable et les additifs utilisés pour la fracturation, et pour évacuer les déblais, les boues de forage⁽¹⁸⁾, les eaux résiduaires et... le gaz. Et comme par essence l'exploitation des gaz de schiste nécessite des plateformes par centaines, des puits par milliers, ainsi que... la refracturation périodique des puits, ce risque est également difficilement acceptable pour les populations locales dans les zones non désertiques. À ce titre, il est cocasse de noter que le président d'Exxon Mobil lui-même a récemment saisi la justice américaine pour demander la destruction d'un château d'eau situé près de son ranch texan et destiné à alimenter des opérations de fracturation, disant craindre « le bruit des camions transportant l'eau vers les puits d'extraction ».

Répercussions économiques et création de valeur

L'acceptabilité de l'exploitation du gaz de schiste par les populations locales concernées dépend in fine de ses bienfaits économiques, en termes d'emploi et de PNB. En matière d'emploi, on constate qu'il faut environ une douzaine de personnes pour faire fonctionner un puits standard pendant les trois premières années, mais qu'il en faut ensuite moins

d'une (un puits se tarissant au bout de vingt à vingt-cinq ans). Au final, sur le long terme, l'industrie du gaz de schiste crée environ un emploi permanent par puits, chiffre qui coïncide avec l'expérience américaine, où, sur les huit dernières années, l'exploitation des huiles et gaz de schiste a créé plus de 600 000 emplois directs et indirects pour plus de 500 000 forages. On notera, par ailleurs, que les deux tiers des emplois créés concernent des conducteurs de semi-remorque, des opérateurs de machinerie lourde, des employés de bureau ou des manœuvres et sont donc peu qualifiés [Jacquet, 2011]. En matière de PNB, l'industrie du gaz de schiste a également des conséquences importantes sur l'économie locale, au travers notamment de la pression sur les services publics (voirie, services de santé, police, etc.) et des prix de l'immobilier. Là, il est important de distinguer les pressions à la baisse des prix induites par le risque environnemental et social, tant pour les fermes que pour les habitations avoisinantes⁽¹⁹⁾, et les pressions à la hausse, induites par l'afflux de techniciens du pétrole pendant la phase d'exploration (« *boom and bust economy* ») ainsi que par la rente gazière (pour les fermiers concernés), et ce tant sur les prix de vente que sur les loyers.

Pour Michael Porter [2011], « dans la mesure où elles continuent d'optimiser leur performance financière à court terme dans une bulle en ignorant les plus larges influences qui déterminent leur réussite à long terme, les entreprises sont prises au piège d'une approche dépassée de la création de valeur ». Selon lui, elles doivent donc prendre l'initiative de réunir la sphère économique et la société, de réconcilier la sphère privée, celle des intérêts propres, du rationnel, de la rentabilité, et la sphère publique, celle du rapport à autrui, du raisonnable, de la responsabilité. C'est la « création de valeur partagée » qui consiste à améliorer la compétitivité des entreprises tout en améliorant les conditions économiques, sociales et environnementales des communautés au sein desquelles elles opèrent. L'analyse des risques environnementaux et sociaux montre que, si l'exploitation des gaz de schiste peut se faire en grande partie dans des conditions raisonnables, l'impact sur le coût de production desdits gaz sera très élevé. Il reste donc à démontrer la rationalité de cette exploitation.

Notes

1. Étude disponible en PDF : <http://mediacommun.ca-cib.com/sitegenic/medias/DOC/13870/dd-principes-climat-fr.pdf>

2. Voir note du Débat national sur la transition énergétique : DNTE – Groupe Experts, <http://www.developpement-durable.gouv.fr/9e-seance-pleniere-du-Conseil.html>

3. Roches métamorphiques feuilletées sous l'effet de hautes pressions comme les ardoises.

4. D'après l'Association des techniciens et professionnels du pétrole et groupement des entreprises parapétrolières et paragazières (GEP-AFTP), 10 000 à 20 000 m³ d'eau sont nécessaires pour réaliser la fracturation hydraulique d'un drain horizontal d'environ 1 500 m. 20 000 m³, c'est l'équivalent de 7 piscines olympiques ou de l'irrigation de 10 ha de maïs.

5. En plus du sable (agent de soutènement), qui maintient les fissures ouvertes, les additifs ont pour fonction d'éviter toute activité bactérienne (bactéricides), de faciliter le transport du sable dans les fissures (gélifiants), de permettre au sable de rester en place lors du retrait de l'eau (agents de fractionnement) et de faciliter l'évacuation de l'eau (surfactants).

6. Comme 60 % à 80 % de l'eau injectée lors du processus de fracturation est récupérée à la surface – la moitié immédiatement et le reste lors de la production – et que les systèmes municipaux d'épuration des eaux, même de bonne taille, ne sont pas adaptés pour traiter les eaux salées, voire radioactives, refoulées ou produites par les puits, c'est 12 000 à 16 000 m³ d'eau polluée qui doivent être soit conservés et/ou traités par puits, soit réinjectés dans un aquifère salin profond situé entre deux couches imperméables pour en empêcher la migration.

7. Compte tenu que les différentes gaines de ciment entourant les tubages ou les cerclages en acier ne sont pas toujours correctement calculées et mises en place et qu'elles souffrent des compressions imposées par la fracturation ou vieillissent, le Minerals Management Service (MMS) – équivalent américain du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – estime que 10 % des puits de 1 an, 20 % de ceux de 3 ans, 30 % de ceux de 5 ans, 40 % de ceux de 10 ans et 50 % de ceux de 20 ans connaissent des problèmes de migration de gaz.

8. En mai 2011, des chercheurs de l'université Duke (État de Caroline du Nord) ont mis en évidence que, dans les zones d'extraction active (un ou plusieurs puits de gaz à moins de 1 km), les concentrations moyennes et maximales de méthane thermogénique dans l'eau potable des puits sont très nettement plus élevées que dans les zones de faible extraction (pas de puits de gaz à moins de 1 km).

9. En février 2012, des chercheurs de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) et de l'université du Colorado, à Boulder, ont mis en évidence que, sur site, entre 2 % et 8 % du gaz de réservoirs compacts (tight gas) extrait par fracturation hydraulique est relâché dans l'atmosphère, avec 4 % comme valeur la plus probable.

10. Les compagnies américaines peuvent amortir la quasi-totalité des coûts de forage d'un puits au cours de l'année du forage, plutôt que d'étaler l'amortissement sur la durée de vie utile du puits.

11. Comme les baux américains sont limités dans le temps, les compagnies américaines sont incitées à forer « coûte que coûte » et donc à livrer le gaz extrait, que le puits soit rentable ou non, plutôt qu'à abandonner les droits à la propriété du sous-sol.

12. 1 MMBtu (million de British thermal unit) = 0,18 baril équivalent pétrole.

13. Rapport d'information parlementaire relatif à l'impact économique de l'exploitation des gaz de schiste aux États-Unis, du député Frédéric Barbier. Disponible en PDF : <http://www.assemblee-nationale.fr/14/pdf/rap-info/i1919.pdf>

14. En octobre 2011, les chercheurs de l'université Cornell (État de New York) ont mis en évidence une forte corrélation entre la turbidité des eaux potables et la densité des puits de gaz de schiste.

15. AEA, "Climate Impact of Potential Shale Gas Production in the EU", Report for European Commission, juillet 2012. Disponible en PDF : http://ec.europa.eu/clima/policies/eccp/docs/120815_final_report_en.pdf

16. Un gazoduc enterré nécessite une bande de servitude d'au moins 10 m.

17. <http://www.dec.ny.gov/energy/58440.html>

18. *Un forage peut engendrer jusqu'à 150 m³ de boues résiduelles et 1 000 t de déblais.*

19. *Selon une étude du National Bureau of Economic Research [Muehlenbachs et al., 2012], les biens immobiliers peuvent perdre jusqu'à 24 % de leur valeur à proximité des zones de forage.*

Bibliographie

JACQUET J., "Workforce Development Challenges in the

Natural Gas Industry", Working Paper Series, Cornell University, février 2011. Disponible en PDF : http://www.greenchoices.cornell.edu/downloads/development/shale/Workforce_Development_Challenges.pdf

MUEHLENBACHS L. ; SPILLER E. ; TIMMINS C., "Shale Gas Development and Property Values: Differences across Drinking Water Sources", NBER Working Paper Series, Working Paper 18390, septembre 2012. Disponible en PDF : <http://www.nber.org/papers/w18390>

PORTER M. ; KRAEMER M. R., "Creating Shared Value", *Harvard Business Review*, janvier-février 2011.

QUESTIONS-RÉPONSES SUR LE GAZ DE SCHISTE

Dominique Venet

Président-directeur général, Gleamergy

Le gaz de schiste est à l'origine du renouveau de l'économie américaine ; il est hors la loi en France, à la suite d'un non-débat dont le fondement idéologique et électoral n'a laissé que peu de place à l'objectivité des faits.

Sans prétendre en quelques lignes faire le tour de la question, l'article qui suit cherche à fournir au lecteur des éléments factuels sur le sujet en répondant à quelques questions clés :

- *Qu'est-ce que le gaz de schiste ?*
- *Comment le produire ?*
- *Y a-t-il des risques à cette production et quels sont-ils ?*
- *Y a-t-il des risques à ne pas produire de gaz de schiste ?*
- *Les coûts de production américains sont-ils répliquables en Europe ?*
- *Quel est le potentiel français ?*

Qu'est-ce que le gaz de schiste ?

■ Nature

Le gaz de schiste est, du point de vue de sa composition chimique, identique à un gaz naturel classique. Il est composé pour l'essentiel de méthane (CH₄) ainsi que d'un certain nombre d'autres composants dont la nature varie d'un champ de gaz à l'autre.

Certains de ces composants sont du point de vue du producteur de gaz des impuretés à éliminer : c'est le cas, par exemple, du gaz carbonique (CO₂), de l'hydrogène sulfuré (H₂S), ou encore de l'azote (N₂).

D'autres de ces composants, s'ils doivent être retirés du gaz naturel pour respecter les spécifications commerciales des réseaux de transport, constituent en revanche des produits à haute valeur ajoutée : c'est le cas, par exemple, de l'éthane (C₂H₆), produit de base de la pétrochimie, des gaz de pétrole liquéfié (GPL), tels propane (C₃) et butane (C₄), ou encore des liquides de gaz naturel (LGN) – C₅+ –,

également appelés condensats, bruts légers de très haute valeur.

Les revenus complémentaires générés par ces composants additionnels à haute valeur ajoutée jouent un rôle déterminant dans l'économie d'un projet de production de gaz, que ce soit du gaz conventionnel ou du gaz de schiste.

■ Formation

Comme le gaz naturel conventionnel, le gaz de schiste est un gaz dit « thermogénique », par opposition au gaz dit « biogénique ».

Le gaz biogénique est issu d'un processus biologique de décomposition de matières organiques sous l'action de bactéries : c'est le gaz qu'on va obtenir dans les digesteurs équipant certaines fermes qui recyclent leurs déchets organiques, mais c'est également le gaz qui va être produit naturellement, par exemple dans des zones marécageuses, et générer ce qu'on a appelé les feux follets. Il est par définition très proche de la surface et pourrait même être produit par un puits destiné à chercher de l'eau dans une zone qui a été humide, et qui touche une petite poche de gaz biogénique (explication possible d'un robinet d'eau qui crache aussi du gaz).

Le gaz thermogénique est issu de cadavres de micro-organismes marins (plancton) qui se déposent au fond des mers et qui sont, au cours des temps géologiques, recouverts par des couches successives de sédiments constituant une sorte de millefeuille. Au fil du temps, ces couches successives sont à l'origine de deux phénomènes : d'une part, une augmentation très importante de la pression du fait du poids des sédiments, d'autre part, une augmentation très importante de la température, car les couches s'enfoncent et se rapprochent du centre de la terre. Lorsque les conditions de température et de pression atteignent les valeurs requises, les micro-organismes se transforment en hydrocarbures au sein de ce millefeuille qui se trouve alors à grande profondeur (2 000 à 3 000 mètres) et qu'on appelle la « roche mère ».

C'est à cette étape précise que gaz conventionnel et gaz de schiste voient leurs chemins diverger :

- Le gaz conventionnel va migrer et quitter la roche mère en remontant vers la surface jusqu'à être piégé (ou pas) par une structure géologique du type dôme étanche d'hydrocarbures (argile, par exemple) recouvrant une roche perméable (sable, par exemple) : on parle dans ce cas de « roche-réservoir ». Ce gaz sera produit par des forages traversant la couche étanche pour rejoindre la couche perméable à travers laquelle le gaz circulera facilement pour rejoindre le puits de production.
- Le gaz de schiste va rester dans la « roche mère » ; il est piégé à grande profondeur dans une structure de type millefeuille constituée d'une roche très compacte et très peu perméable. La technique de production utilisée pour le gaz conventionnel évoquée ci-dessus ne fonctionne pas.

Principes de la production du gaz de schiste

L'existence de gaz de schiste est connue depuis très longtemps. Cependant, ce n'est que très récemment que la combinaison des dernières évolutions technologiques a permis de mettre au point des techniques de production économique de ce type de gaz.

Nous avons vu que le gaz de schiste est piégé à grande profondeur dans des couches relativement minces de type millefeuille : la première difficulté est de repérer où se trouvent précisément ces couches. Le développement des techniques de connaissances de la subsurface, telles que la sismique 3D, a été décisif dans ce domaine.

Une fois la couche repérée, encore faut-il être capable de la forer, car il s'agit non pas d'un gros réservoir conventionnel mais d'une couche fine et étendue pour laquelle un forage vertical classique ne

permettra pas de drainer correctement le gaz. Le développement des techniques de forage dévié et de forage horizontal, qui permettent aujourd'hui de piloter précisément un forage à 2 000 ou 3 000 m de profondeur avec un déport horizontal de 5 000 à 6 000 m, voire plus, a permis de traiter cette question.

Nous avons maintenant atteint la couche cible et mis en place un forage horizontal de plusieurs kilomètres permettant de drainer une zone importante. Reste à résoudre un dernier problème relatif au fait que cette roche porteuse de gaz est extrêmement compacte et très peu perméable : le gaz ne va pas spontanément migrer vers le puits de production comme il le ferait dans le cas d'un gisement conventionnel.

Il nous faut créer des fissures dans cette roche compacte pour permettre le mouvement du gaz. Cette opération est connue sous le nom de « fracturation hydraulique » : le tubage du forage est perforé au niveau de la zone à produire, puis il est rempli d'eau ; une très forte pression (en milliers de bars) est appliquée en surface, et le principe de non-compressibilité du liquide transmet cette pression jusqu'aux perforations du tubage en fond de puits, et donc jusqu'à la roche, qui se fissure. Cependant, compte tenu du poids des terrains, ces fissures se refermeraient instantanément à l'arrêt de la mise en pression. Pour éviter cela, des grains de sable sont mélangés à l'eau ; expulsés vers la roche au moment de la fracturation, ils se coincent dans les fissures et en bloquent la fermeture, les maintenant ouvertes et permettant le passage du gaz.

À cette étape apparaît l'un des sujets de controverse majeurs concernant les schistes : les additifs. En effet, il n'aura pas échappé à nos lecteurs que lorsqu'on met du sable dans un verre d'eau, le sable ne se mélange pas de manière homogène à l'eau mais se dépose au fond du verre. Pour éviter ce phénomène, et assurer une bonne répartition spatiale des grains de sable dans le fluide de fracturation, des additifs sont incorporés à l'eau pour la transformer de l'état liquide à l'état de « gel » et ainsi obtenir la distribution spatiale du sable permettant de garantir son expulsion

vers les fissures au moment de l'application de la pression de fracturation.

La polémique à propos des additifs a été alimentée pendant un moment par le secret qui entourait leur formulation. En effet, leur mise au point avait nécessité des centaines et des centaines d'essais de forage, mobilisant des moyens importants et conduisant les quelques sociétés qui avaient consenti ces investissements de développement à rechercher la préservation de leur avantage compétitif en ne révélant pas les formules des produits utilisés. Les choses ont évolué depuis. Les pétroliers se sont notamment inspirés d'une autre industrie qui utilise les gelées : l'industrie alimentaire. C'est ainsi que l'un des principaux additifs utilisés aujourd'hui est l'agar-agar, gélifiant d'origine végétale, non toxique, utilisé en cuisine.

L'opération de fracturation elle-même a lieu une fois dans la vie d'un puits et ne dure que quelques jours. À la fin de cette opération, le gaz expulse l'eau additivée contenue dans le tubage et est prêt pour une production de plusieurs années.

Concernant l'activité sur le site, l'opération de forage aura duré quelques semaines à quelques mois et, à l'issue de cette opération, la plateforme de forage (le derrick, très visible) est démontée. La phase de fracturation dure quelques jours ; il ne reste ensuite sur place en surface qu'un jeu de vannes permettant de contrôler la production qui s'étalera sur plusieurs années. À partir d'un même site de forage seront en général forés plusieurs puits.

Produire du gaz de schiste présente-t-il des risques ?

Comme toute activité humaine, la production de gaz de schiste présente certains risques. La question est de savoir si ces risques sont maîtrisables au point de pouvoir garantir que cette production ne portera pas atteinte à l'environnement. Passons en revue les

principaux risques évoqués lors de la production de gaz de schiste, qui sont la pollution des nappes phréatiques, le traitement du fluide de fracturation et la microsismicité induite.

■ Atteinte aux nappes phréatiques

La question tient à la possible pollution, par le fluide de fracturation ou par le gaz produit, des nappes phréatiques utilisées pour la consommation humaine.

Les nappes phréatiques sont situées dans une zone proche de la surface, à une profondeur de quelques dizaines, voire quelques centaines, de mètres. Lorsque le forage traverse cette zone, il est en phase verticale et ne produit pas de gaz puisqu'il n'a pas encore atteint la zone porteuse de gaz de schiste située à grande profondeur (2 000 à 3 000 m).

Une fois que le forage a traversé la zone des nappes phréatiques, il est arrêté, et le train de tiges qui se termine par le trépan est remonté. Un tube en acier (le « *casing* ») est inséré dans le puits, puis du ciment est injecté sous pression dans le tube et remonte vers la surface entre la paroi extérieure du tube et les terrains traversés, assurant après séchage un scellement du tube dans les roches traversées et une étanchéité parfaite entre les fluides circulant à l'intérieur du tube (fluide de fracturation, gaz de production) et les nappes phréatiques.

Cette technique est maîtrisée depuis des dizaines d'années et est mise en œuvre dans tous les forages de gaz et de pétrole. Elle n'est toutefois pas complètement exempte de risques, en particulier si la mise en œuvre du ciment n'est pas parfaitement exécutée. Il faut donc que cette opération soit réalisée par des opérateurs compétents et correctement supervisés.

■ Traitement du fluide de fracturation

Nous avons vu plus haut que le fluide de fracturation est aujourd'hui constitué d'eau, d'un peu de sable

et d'additifs en très faible quantité (moins de 1 %) provenant pour l'essentiel de produits utilisés dans l'industrie alimentaire, ou encore de bactéricides à usage domestique. Il ne s'agit donc pas d'un produit hautement toxique ; il n'en reste pas moins qu'il ne doit pas être rejeté dans l'environnement sans autre forme de procès.

Ce fluide de fracturation représente 20 000 à 30 000 m³ par puits :

- environ un tiers va rester dans la formation, ce qui en soi n'est pas un problème puisque ce fluide n'est pas toxique et que nous sommes très en dessous du niveau des nappes phréatiques ;
- les deux tiers restants vont être expulsés vers la surface par le gaz ; ils pourront être stockés et réutilisés dans le puits suivant ;
- la quantité restante après le forage du dernier puits devra faire l'objet d'un traitement dans une installation spécialisée.

Le risque pris sur ce plan est très mesuré dans la mesure où le fluide utilisé n'est pas un produit de haute toxicité. Sa gestion doit néanmoins être rigoureuse par les opérateurs compétents afin de prévenir toute atteinte à l'environnement.

■ Microsismicité induite

L'opération de fracturation elle-même, qui consiste à créer des fissures dans des roches à très grande profondeur, pourrait dans certains cas déclencher en surface de faibles secousses sismiques.

Dans ce domaine, la principale protection est une excellente connaissance de la géologie de la zone de manière à éviter la réalisation d'opérations de fracturation dans des contextes géologiques pouvant donner lieu à de tels phénomènes. Là encore, la compétence et l'expertise d'un opérateur expérimenté et correctement supervisé constituent un gage de sécurité.

En conclusion, les risques existent mais sont maîtrisables par des opérateurs compétents et sur lesquels s'exerce une supervision rigoureuse. Ajoutons qu'il ne s'agit pas d'une activité expérimentale, mais que nous pouvons au contraire bénéficier du retour d'expérience de dizaines de milliers de puits aux États-Unis.

Ne pas produire de gaz de schiste présente-t-il des risques ?

Vous avez bien lu : après avoir évoqué les risques à produire du gaz de schiste, il apparaît nécessaire de s'interroger sur les conséquences de ne pas en produire. Ces conséquences sont multiples, mais elles sont en premier lieu environnementales.

Les opposants au gaz de schiste en France font valoir le principe de précaution, évoquant les risques potentiels qu'une telle production pourrait faire courir à l'environnement. Nous avons vu que ces risques apparaissent maîtrisables (voir plus haut).

Examinons maintenant les conséquences de la non-production de gaz de schiste. Dans le cas précis, l'enchaînement est le suivant :

- le coût du gaz aux États-Unis a plongé du fait de la production de gaz de schiste à un niveau de 3 à 4 \$/MMBtu, à comparer à un prix en Europe de 11 à 12 \$/MMBtu ;
- le gaz étant très bon marché, les producteurs d'électricité américains ferment leurs centrales électriques à charbon et les remplacent par des centrales à gaz ; aux États-Unis, le gaz expulse le charbon de la production d'électricité ;
- le charbon américain, perdant des débouchés du

fait de la fermeture des centrales électriques, voit son prix baisser et recherche de nouveaux marchés ;

- ce nouveau marché est l'Europe, où le prix du gaz reste élevé, car il n'y a pas d'alternative aux importations, le gaz de schiste n'étant pas produit ;
- les électriciens européens ferment leurs centrales électriques à gaz et utilisent les centrales électriques à charbon : en Europe, et en particulier en Allemagne, c'est le charbon qui expulse le gaz de la production d'électricité ;
- or une centrale électrique à charbon est beaucoup plus polluante qu'une centrale électrique à gaz ; elle génère deux fois plus de CO₂ par kilowattheure électrique produit, plus toute une série d'autres polluants (particules, oxydes de soufre – SO_x – et oxydes d'azote – NO_x –, etc.), la centrale gaz ne produisant pour sa part que du CO₂ et de la vapeur d'eau ;
- le marché européen du CO₂ ne fonctionnant pas, le prix du CO₂ reste à des niveaux beaucoup trop bas pour valoriser l'avantage du gaz en matière environnementale. La compétitivité européenne serait d'ailleurs affectée s'il en était autrement, et le Parlement européen a récemment démontré qu'il en était conscient en refusant de réduire drastiquement les quotas de CO₂ attribués gratuitement ;
- aujourd'hui, force est de constater que les États-Unis, dont on ne peut pas dire qu'ils soient les chantres de la lutte contre le changement climatique, sont dans les faits en train de réduire très significativement leurs émissions de CO₂, alors que les Européens, vertueux au niveau des déclarations, sont en fait en train d'augmenter considérablement leurs propres émissions.

En conclusion, la décision de ne pas explorer le gaz de schiste pour éviter des risques potentiels (mais probablement traitables) a pour conséquence une augmentation immédiate et certaine de la pollution atmosphérique en Europe. Les autres conséquences

qui auraient pu être évoquées seraient, par exemple :

- l'indépendance énergétique réduite ;
- la balance commerciale détériorée du fait des importations énergétiques ;
- la pétrochimie européenne sinistrée alors que se construisent aux États-Unis de nouvelles usines du fait d'un accès très bon marché à l'énergie et à l'éthane, sous-produit du gaz de schiste ;
- des milliers d'emplois non délocalisables non créés.

Les coûts de production en Europe seront-ils supérieurs ?

Très probablement, oui. Les coûts de production aux États-Unis sont de l'ordre de 4 à 5 \$/MMBtu ⁽¹⁾. Compte tenu des revenus additionnels fournis par l'éthane et les LGN (voir plus haut), ces coûts sont compatibles avec un prix de vente du gaz de l'ordre de 3 \$/MMBtu.

En Europe, plusieurs éléments conduisent à prédire des coûts de production beaucoup plus élevés :

- l'industrie pétrolière américaine est beaucoup plus développée et dynamique sur le territoire américain que l'industrie européenne ; il y a, par exemple, plus de 2 000 rigs (« appareils ») de forage en activité permanente aux États-Unis, contre quelques dizaines en Europe ;
- la densité de population est très inférieure aux États-Unis et permet une exploitation dans des zones ouvertes ;
- le régime juridique américain, qui accorde au propriétaire d'un terrain la propriété de son sous-sol, fait que les habitants des zones productrices sont souvent proactifs dans le développement.

Il est délicat de se prononcer sur les coûts exacts de production en Europe tant qu'il n'y aura pas une expérimentation à une échelle significative. Certains pensent que ces coûts pourraient être de l'ordre du double des coûts américains, soit 8 à 10 \$/MMBtu.

D'aucuns ont estimé que de tels coûts de production se rapprochent du coût d'importation moyen du gaz en Europe, qui est de l'ordre de 11 à 12 \$/MMBtu, et qu'en conséquence le jeu n'en valait pas la chandelle. Cette position méconnaît plusieurs points clés :

- les coûts de production ne prennent pas en compte les revenus additionnels générés par l'éthane et les LGN, qui peuvent être très substantiels (voir plus haut) ;
- même si les coûts globaux étaient au même niveau que les coûts d'importation, il s'agit bien de production européenne en euros et non d'importation en devises ;
- les emplois directs et indirects (pétrochimie) sont tout simplement passés sous silence.

Quelles ressources en gaz de schiste en France ?

La réponse est que nous n'en saurons rien tant que nous ne lancerons pas un programme d'exploration du gaz de schiste, activité aujourd'hui interdite par la loi.

À partir des éléments géologiques et géophysiques connus aujourd'hui, le potentiel de la France apparaît comme l'un des plus prometteurs des pays européens avec la Pologne. Les réserves françaises pourraient atteindre un ordre de grandeur équivalent à un siècle de consommation annuelle de gaz du pays (soit environ 15 G€/an ⁽²⁾).

En conclusion, dans un contexte économique qui rend les énergies renouvelables inaccessibles sur le plan financier et qui recherche les moyens de relancer

l'activité industrielle et l'emploi, le fait de se priver volontairement du gaz de schiste au point d'en interdire la recherche apparaît incompréhensible, d'abord du point de vue environnemental, ensuite des points de vue économique et social.

Notes

1. *MMBtu (million de British thermal unit) = 0,18 baril équivalent pétrole*

2. *15 G€/an = 15 milliards d'euros par an.*

4.

Études et débats

■ Pierre Martin

Séraphin Lampion, l'anti-assureur

■ Arthur Charpentier

Interprétation, intuition et probabilités

■ Christian Hess

Prendre un risque calculé peut faire gagner des années

Les débats de Risques

■ Philippe Aigrain, Antoine Lefébure, Jean-Marc Manach,
Pierre-Olivier Sur et Thierry van Santen

Pour une protection des libertés individuelles et des données personnelles

■ Arnaud Boudesseul, David Dror, Olivier Dubois, William Hosack,
Anaar Kara et Sébastien Weber

Faut-il réinventer l'assurance pour l'adapter aux besoins de protection des pays émergents ?

Actualité de la Fondation du risque

■ Hippolyte d'Albis

Vivre plus implique-t-il de travailler plus ?

Livres

Jean-Hervé Lorenzi et Mickaël Berrebi

Un monde de violences. L'économie mondiale 2015-2020 par Pierre-Charles Pradier

Philippe Charlez

Our Energy Future is Not Set in Stone par Patrice Geoffron

SÉRAPHIN LAMPION L'ANTI-ASSUREUR

Pierre Martin

Agrégé d'histoire, docteur en histoire

« C'est dans le passé que j'ai puisé le modèle de Lampion : pendant la guerre [...] je reçois la visite d'un brave homme qui venait me vendre je ne sais plus quoi, qui s'assied et qui me dit, en me présentant mon fauteuil : "Mais asseyez-vous donc !". » ⁽¹⁾ Agent des « Assurances Mondass », Séraphin Lampion, le personnage créé par Hergé, semble s'opposer en tous points à ce que doit être un véritable assureur...

Séraphin Lampion et l'assuré

Son patronyme et son apparition dans l'œuvre d'Hergé méritent examen. Selon *Le petit Robert* ⁽²⁾, « séraphin » vient du latin « *seraphim*, mot hébreu au pluriel, de *saraph*, "brûler" », avant de désigner un « ange de la première hiérarchie, représenté avec trois paires d'ailes ». Séraphin Lampion : une lanterne qui brûle pour diffuser une lumière incertaine. Au sens premier : un pléonasme. Au sens second : un oxymore. Dans les deux cas, un effet comique. Hergé le revendique : « Il me fallait quelque chose de soufflé, une sonorité qui exprime à la fois le côté rebondi et mou du personnage. J'avais d'abord pensé à "Crampon", mais c'était trop explicite et trop dur. Lampion m'a paru mieux convenir » [Sadoul, 2000].

Lampion apparaît dans *L'affaire Tournesol* (1956). Il fait proprement irruption dans le récit – comme à Moulinsart –, de nuit, lors d'une panne d'électricité

consécutive à un orage. Son arrivée tonitruante est grotesque. Nestor ouvre la porte à Lampion... qui, en plein courant d'air, éteint la bougie et plonge l'entrée dans le noir ! Curieux Lampion... qui heurte, physiquement d'abord, le propriétaire des lieux, le capitaine Haddock : « Est-ce une façon d'entrer chez les gens ? Et d'abord, que venez-vous faire ici ? » Lampion : « Ah, ça, c'est toute une histoire ! » Nestor : « Revoilà la lumière. » Formule qui annonce peut-être l'éternel retour de Lampion dans l'œuvre d'Hergé (?).

En un temps court raconté en deux pages, Lampion fait exactement l'inverse de ce qui est attendu d'un agent d'assurance supposé « répondre aux attentes des clientèles » [Poirier *et al.*, 1992]. Lampion est importun au lieu d'être opportuniste. Il s'impose et ne propose pas. « À ce moment, j'aperçois votre villa... Voilà où je vais m'abriter », confesse-t-il, en guise de carte de visite, quand c'est précisément à l'assureur de fournir une protection... « Dites donc, ce n'est pas mal chez vous. Moi j'aime mieux le

moderne, mais enfin... » Lampion s'invite au château de Moulinsart, l'air satisfait, juge du bien assuré non pas selon les risques auxquels il est exposé mais selon des critères esthétiques propres à heurter encore son client... qui le suit, sourcils froncés. Il découvre un miroir brisé. « La foudre ? Ha ! Ha ! Ha ! Et je parie que vous n'êtes même pas assuré, hein, gros malin ?... Allons, vous avez de la chance que Séraphin Lampion soit passé par ici ; il va vous signoler un amour de petit contrat... »

De quel contrat s'agit-il ? Les assureurs en recensent pas moins de dix types principaux : consensuels, négociés, individuels, synallagmatiques, à titre onéreux, commutatifs, (*non*) *intuitu personae*, instantanés, (in)nommés, principaux [Charré-Serveau et Landel, 2000]. Une typologie juridique évidemment inconnue de l'assuré. Fondamentalement, dans l'intérêt de Haddock, Lampion devrait proposer un contrat multirisque habitation, qui permet, depuis les années 1950 (3), de couvrir avantageusement plusieurs risques en un seul contrat. Or, au moment de quitter son client, Lampion évoque évasivement : « Ah oui ! À propos... Euh... Votre assurance contre la foudre ? » Importun et inopportun, Séraphin Lampion fait tout pour rebuter son client. Il impose sa présence au lieu d'être invité à expertiser le bien assurable. Degré zéro de la relation commerciale, il s'invite même à prendre un verre et, comble de l'outrecuidance, à s'asseoir dans le fauteuil de celui qui devrait être son obligé : « C'est du whisky que vous buvez là ?... Vous pouvez m'en verser un aussi [...] Ils sont potables, vos fauteuils... »

Ce moment devrait parachever la signature du contrat d'assurance dans la convivialité... Il n'est qu'intrusion dans la sphère privée de l'assuré, qui doit, en prime (!), supporter les effluves du cigare de Lampion... Enfin, au lieu de concevoir une solution ad hoc (!), Lampion propose in extremis une garantie toute faite « contre la foudre ». Lampion apparaît finalement comme une caricature de prospecteur digne de Daffy Duck dans *Fool Coverage* (1952) [Martin, 2012]. Pis, après la pratique, Lampion entretient également avec l'assurance un rapport inverse à celui qu'enseigne la théorie.

Séraphin Lampion et l'assurance

Denis Kessler, l'actuel président-directeur général de Scor, considérait dans un article paru en 1990 [Kessler, 1990] que « Séraphin Lampion oublie, sans malignité, de parler de franchises », cette partie des dommages qui reste à la charge de l'assuré pour éviter l'aléa moral. Sans cette quote-part, fixe ou proportionnelle, payée par l'assuré, le contractant est effectivement poussé à l'irresponsabilité et à la moindre protection de son bien, puisqu'en définitive « l'assurance payera ». C'est là le moindre défaut de Lampion, qui omet de parler de l'essentiel, à savoir des garanties et de leur application. D'où la longue diatribe de Haddock contre l'agent des Assurances Mondass : « Monsieur Lampion, j'ai toutes les assurances possibles et imaginables... Oui, toutes !... Je suis assuré sur la vie, contre les accidents, contre la grêle, la pluie, les inondations, les raz de marée, les tornades ; contre le choléra, la grippe et le coryza ; contre les mites, les termites et les sauterelles... Toutes, je vous dis !... La seule assurance qui me manque, c'est une assurance contre les casse-pieds ! »

Il faut souligner l'originalité de cette accumulation de critiques qui ne ressemble pas aux séries habituelles de jurons du capitaine. Albert Algoud [1991] souligne que, « bien plus que de rhum ou de whisky, c'est de mots que se grise le bouillant capitaine. Colérique chronique, cédant constamment à son penchant, il s'abreuve dans son inépuisable lexique d'insultes étourdissantes pour en abreuver ses ennemis. » On était déjà en droit d'attendre de sa collision inaugurale avec Lampion une réplique du genre de celle assénée au général Alcazar au début de *Coke en stock* (1958) : « Dites donc, espèce de projectile guidé, vous ne pourriez pas regarder devant vous, non ? » Aussi, pour consommer sa première entrevue avec Lampion, il l'accable d'une bordée de jurons dont « marchand de tapis », qui, pour l'exégète de Haddock, désigne un « commerçant, [un] homme d'affaires prêt à vendre n'importe quoi en vue d'un profit juteux » [Algoud, 1991]. Ainsi dans cette bulle à destination du négrier

démasqué de *Coke en stock* : « Sapajou !... Marchand de tapis !... Paranoïaque !... Moule à gaufres !... Cannibale !... » Pour une (très rare) fois, la colère de Haddock porte sur le fond : l'assurance et ses contrats supposés d'autant plus inutiles qu'ils se démultiplient en même temps que les risques.

Regardons de plus près. Le capitaine évoque des assurances plutôt sociales, l'assurance maladie couvrant « choléra », « grippe » et « coryza ». Les risques « inondations », « raz de marée » et « tornades » relèvent également pour l'essentiel (la garantie privée dégâts des eaux s'appliquant) d'une prise en charge publique si l'État a (en France) pris un arrêté de catastrophe naturelle. « Mites », « termites » et « sauterelles » sont des risques plus exotiques, qui échappent aux garanties classiques. Il y a ici un glissement sémantique vers les nuisibles ou les parasites, catégories dont relèverait Lampion... En réalité, Lampion est perturbateur et non régulateur. Il pèse au lieu de soulager son client. Il arrive ex post quand un assureur doit avant tout agir ex ante.

En fait, il « survient » en même temps que le sinistre au lieu de le prévenir. On peut même se demander si Lampion n'est pas un sinistre en soi, s'il n'est pas « dangereux par lui-même » (4). C'est ce que nous suggère Hergé. À la fin de *L'affaire Tournesol*, Lampion apparaît ainsi en vacancier installé avec toute sa « petite famille » (de dix personnes...) à Moulinsart : « Et comme ta bicoque était vide, je suis venu passer quelques jours ici. » Hergé considère Lampion comme l'idéal type wébérien du « Bruxellois belge », qu'on « reconnaît généralement au fait qu'il porte, en même temps, une ceinture et des bretelles » [Sadoul, 2000]. C'est bien le cas lorsqu'il accueille Haddock dans son propre château : « Ce brave capitaine ! Tu tombes à pic, vieille noix... » La dernière page de *Coke en stock* voit réapparaître l'improbable Lampion : « Président du "Volant Club" de mon patelin [...] je n'ai eu qu'à organiser un rallye dont la dernière épreuve... se déroule chez toi ! » Au lieu de dédommager, Lampion crée des dommages : le parc de Moulinsart est saccagé par d'innombrables véhicules dont l'un détruit la rampe d'accès au parvis quand deux voitures entrent en collision...

On doit enfin poser la question de l'aversion au risque de Séraphin Lampion. Par convention, la théorie économique admet que l'assureur est « risque neutre » : il n'a pas d'aversion particulière au risque. Tout l'art de l'assureur consiste à endosser le risque en contrepartie d'une prime (à la limite tout est assurable, simple question de tarif...), selon diverses techniques : loi des grands nombres, coassurance, réassurance... Or Séraphin Lampion est clairement « riscophobe » [Chiappori, 1997]. On ne peut l'accuser de se terrer en tremblant dans les buissons de Moulinsart après avoir entendu des balles siffler à ses oreilles dans *L'affaire Tournesol* (5)... En revanche, la menace de scarlatine, risque non réalisé, suffit à le faire déguerpir de Moulinsart avec armes et bagages : « La scarlatine !!!!... Mais !... Mais c'est contagieux la scarlatine ! »

Personnage secondaire habitué des dernières pages, Séraphin Lampion est à l'assurance ce que le sparadrap est au capitaine Haddock. On ne peut se débarrasser de lui comme de son image qui « colle à la peau ». En réalité, Séraphin Lampion est à l'agent d'assurance ce que le Milou satanique est à Milou dans *Tintin au Tibet* (1960) : un repoussoir. Il est pitoyable : comme César, il parle de lui à la troisième personne, ce qui le met en scène... Il est conformiste : songeons à cette photographie de mariage, en page de garde des albums, où il est uni à Madame par deux anneaux en médaillon. Lampion sauve cependant son honneur (et celui des Assurances Mondass ?) et nos héros dans le dernier opus *Tintin et les Picaros* (1976). Son arrivée au fond de la jungle avec les « Joyeux Turlurons », dont il a créé le costume de bouffon, n'augurait pourtant rien de bon... Mais ce déguisement permet à Tintin et à ses amis de renverser le dictateur Tapioca. Séraphin Lampion peut clore l'aventure d'un ultime calembour : « Vive Alcazar ! C'est un malabar ! »

Notes

1. Cf. Sadoul [2000].

2. Le petit Robert, édition 2015, article « séraphin ».

3. *Le premier contrat combiné incendie-vol-dégâts des eaux daterait de 1949* [Martin, 2009].

4. Le petit Robert, édition 2015, article « sinistre ».

5. « On a essayé de m'assassiner ! Je me dirigeais vers mon auto lorsque, tout à coup : Pan ! Pan !... Alors je me suis dit : "Séraphin, on en veut à ta vie..." ». » Relevons l'inversion comique de la posture attendue d'un agent d'assurance, puisque Séraphin Lampion souligne qu'il est sinistré : « Parce que j'ai été victime d'un attentat, Monsieur le gendarme. »

Bibliographie

ALGOUD A., *Le Haddock illustré. L'intégrale des jurons du capitaine*, Casterman, 1991, pp. 9 et 57.

CHARRÉ-SERVEAU M. ; LANDEL J., *Lexique des termes d'assurance*, L'Argus, 2000, pp. 101-102.

CHIAPPORI P.-A., *Risque et assurance*, Flammarion, coll. « Dominos », 1997, p. 19 : « L'aversion vis-à-vis du risque ou riscophobie ».

KESSLER D., « L'assurance au pied de la lettre », *Risques*, n° 3, décembre 1990.

MARTIN P., *Deux siècles d'assurance mutuelle*. Le groupe Azur, CTHS, 2009, p. 483.

MARTIN P., « Histoires d'assurance au cinéma », *Risques*, n° 90, juin 2012.

POIRIER M.-H. ; GIRRE G. ; GOEDDERTZ T., *Guide pratique des placements des agents généraux d'assurances*, Litec, 1992, préface d'Henri Debruyne.

SADOUL N., *Tintin et moi. Entretiens avec Hergé*, Casterman, 2000, pp. 171-172.

INTERPRÉTATION, INTUITION ET PROBABILITÉS

Arthur Charpentier

Professeur d'actuariat à l'Université du Québec, Montréal

Selon le dictionnaire – en l'occurrence Romeuf [1956] –, un actuaire est un « mathématicien spécialisé dans le calcul des probabilités, dont les services sont utilisés, soit par des services financiers, pour des calculs d'amortissement, soit par des établissements dont l'activité comporte un risque calculable ou est basée sur la couverture d'un risque, comme les assurances ». Cela dit, même en étant spécialiste du calcul de probabilités, les raisonnements fallacieux ou les intuitions erronées sont nombreuses. Et peuvent parfois aboutir à des conclusions fausses. C'est précisément le but de la formation des actuaires : il faut non seulement être à l'aise pour faire des calculs, mais aussi développer une intuition robuste quand il s'agit de manipuler des tableaux statistiques, voire des données plus riches encore. Et avec l'explosion du nombre de données à disposition des actuaires, il est à la fois plus facile de se tromper sur les interprétations d'une corrélation, et de plus en plus simple de contrôler les données pour rendre les modèles plus robustes. Les actuaires, et les assureurs en général, se doivent de connaître quelques paradoxes classiques afin d'affiner leurs intuitions et de rendre leurs interprétations plus justes (et moins sujettes à des corrélations fallacieuses (1)).

Le paradoxe de Simpson

En 1951, Edward Simpson avait décrit un phénomène étrange, observé dans des tableaux de contingence [Simpson, 1951], reprenant alors un paradoxe évoqué par Karl Pearson dès 1899 [Pearson, 1899], et surtout par George Udny Yule en 1903 [Yule, 1903]. L'exemple le plus connu est le « biais du genre » dans les admissions aux programmes de cycle supérieur, à Berkeley, évoqué dans Bickel, Hammel et O'Connell [1975].

Mais considérons ici un exemple encore plus simple pour illustrer ce point (voir tableau 1 p. 102).

L'interprétation de ces statistiques est assez simple. Pour le premier tableau, si on doit aller à l'hôpital, mieux vaut aller à l'hôpital B, car il semble plus sûr (avec 90 % de taux de survie, contre 80 % pour l'autre). Maintenant, si on tient compte de l'état de santé :

- si on est en bonne santé, on a intérêt à choisir l'hôpital A, qui a 98 % de taux de survie (97 % pour l'autre) ;

Tableau 1 - Statistiques de décès dans deux hôpitaux

Total				
Hôpital	Admissions	Survivants	Décès	Taux de survie
A	1 000	800	200	80 %
B	1 000	900	100	90 %

Personnes en bonne santé				
Hôpital	Admissions	Survivants	Décès	Taux de survie
A	600	590	10	98 %
B	900	870	30	97 %

Personnes en mauvaise santé				
Hôpital	Admissions	Survivants	Décès	Taux de survie
A	400	210	190	53 %
B	100	30	70	30 %

Source : Exemple fictif. Arthur Charpentier.

- si on est en mauvaise santé, on a intérêt à choisir l'hôpital A, qui a 53 % de taux de survie (30 % pour l'autre hôpital).

Autrement dit, sans cette information relative à la santé, on choisit B, mais avec cette information supplémentaire, on choisit (toujours) A. Comme l'aurait dit Pierre Desproges : « Étonnant, non ? »

Sur l'interprétation mathématique

Pour comprendre ce paradoxe, nul besoin de comprendre les subtilités de la théorie de la mesure ou tout autre concept avancé de probabilité. En fait, la raison peut être expliquée à un enfant de dix ans. En effet, quand on conditionnait par la connaissance de l'état de santé, on préférerait A car :

$$\frac{590}{600} \geq \frac{870}{900} \quad \text{et} \quad \frac{210}{400} \geq \frac{30}{100}$$

Et pourtant, quand on regarde globalement, on préfère B car :

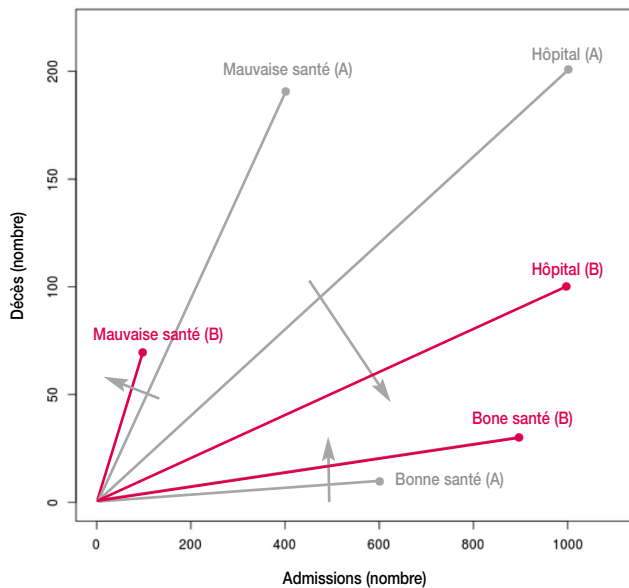
$$\frac{210 + 590}{400 + 600} \leq \frac{30 + 870}{100 + 900}$$

Graphiquement, ces fractions sont les pentes de la figure 1 (voir p. 103). Si on compare les admissions dans les hôpitaux indépendamment de l'état de santé (en haut à droite sur la figure), la pente associée à B est plus faible que celle de A, donc le taux de survie est meilleur avec B qu'avec A. En revanche, si on conditionne par l'état de santé, on va toujours préférer A à B.

L'explication de la possibilité d'un tel paradoxe est assez triviale d'un point de vue mathématique. Mais, comme souvent avec les paradoxes mathématiques, le plus important est l'interprétation et l'explication de l'origine du paradoxe. Dans l'exemple des hôpitaux, la raison vient du fait que le choix de l'hôpital et l'état de santé ne sont pas des variables indépendantes. En effet, l'hôpital B opère ici une sélection et privilégie les personnes en bonne santé. On ne peut alors pas

dire « toutes choses étant égales par ailleurs, si on choisit l'hôpital A... » : les variables explicatives sont ici corrélées, ce qui biaise complètement l'interprétation du modèle.

Figure 1 - Nombre de décès en fonction du nombre d'admissions (les taux de décès sont les pentes)



Source : Arthur Charpentier.

Les implications en théorie de la décision

Dans le chapitre “Induction and Probabilities” de [Gardner, 1987], Martin Gardner considère l'exemple suivant, qui concerne l'utilisation d'un médicament.

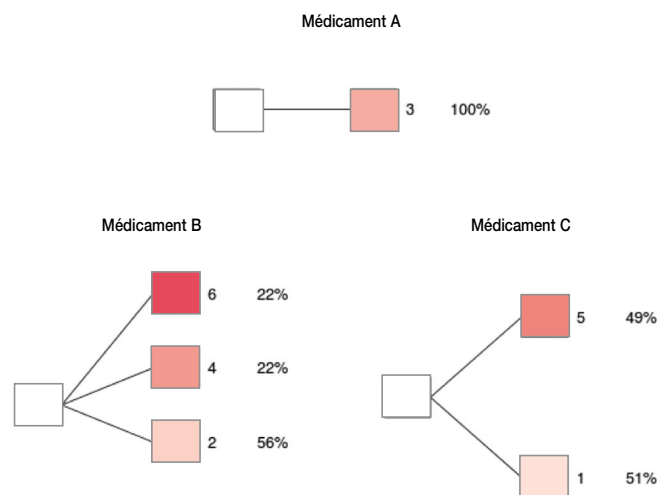
L'état de santé est mesuré sur une échelle allant de 1 à 6 (de « souffrance atroce » à « parfait état de santé ») :

- le médicament A a un effet constant : en le prenant, les patients ont un état de santé de 3 ;
- le médicament B a un effet aléatoire : dans 56 % des cas, l'état de santé est de 2 et, dans 22 % des cas, l'état de santé est 4 ou 6 ;

- le médicament C a un effet aléatoire : dans 51 % des cas, l'état de santé est de 1, sinon il est de 5.

Les trois médicaments peuvent être visualisés sur la figure 2 (voir ci-dessous).

Figure 2 - État de santé – de 1 (souffrance atroce) à 6 (très bonne santé) – après consommation d'un médicament (A, B et C, de gauche à droite).



Source : Arthur Charpentier

Un médecin se demande quel médicament administrer à un patient. Le critère de choix est simple : un médicament est « meilleur » qu'un autre si la probabilité de se trouver dans un meilleur état de santé est plus grande.

- A sera préféré à B car, dans 56 % des cas, l'état de santé sera meilleur en prenant A.
- A sera préféré à C car, dans 51 % des cas, l'état de santé sera meilleur en prenant A.
- B sera préféré à C (en calculant les probabilités jointes, en supposant l'indépendance entre les états de santé, en prenant B et C) car, dans 61,78 % des cas, l'état de santé sera meilleur en prenant B.

Si on résume, A est toujours le meilleur choix s'il est en vente. En revanche, C est toujours le pire des choix, car les deux autres sont « meilleurs ».

Supposons maintenant qu'on ne demande plus au patient de prendre un médicament précis, mais de garder parmi deux celui qui fait le meilleur effet. Par exemple (toujours en supposant les effets indépendants), en prenant B et C, il y a 28,56 % de chances ($0,51 \times 0,56$) qu'un patient soit dans l'état 2 avec B et dans l'état 1 avec C. Dans ce cas le médecin prescrira B (et son état sera alors 2) ; il y a 27,44 % de chances ($0,49 \times 0,56$) qu'un patient soit dans l'état 2 avec B et dans l'état 5 avec C. Dans ce cas, le médecin prescrira C.

- Dans 28,56 % des cas, l'état de santé sera meilleur avec A qu'avec (B + C).
- Dans 33,22 % des cas, l'état de santé sera meilleur avec B qu'avec (A + C).
- Dans 38,22 % des cas, l'état de santé sera meilleur avec C qu'avec (A + B).

Ici, C sera le médicament préféré, car il a plus d'une chance sur trois de procurer une meilleure santé que les deux autres. En revanche A sera le pire choix.

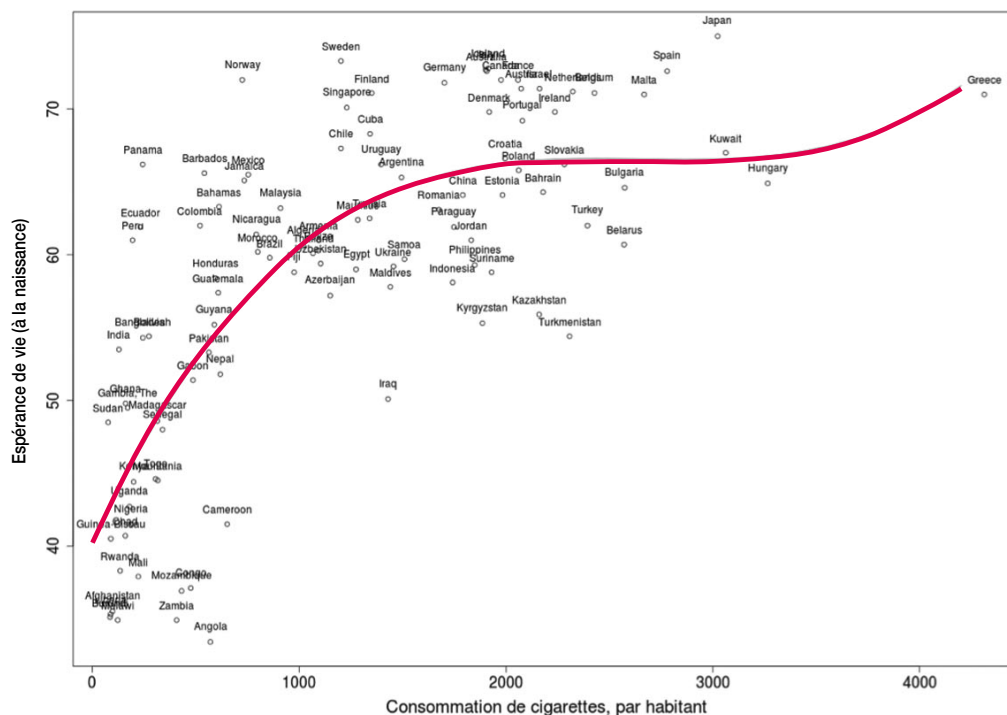
Au-delà du calcul de probabilités (dont les actuaires seraient des spécialistes), on arrive à une situation bien étrange. Si, sur le marché, seuls A et C sont en vente, alors tout médecin raisonnable recommandera à son patient de prendre A. Mais si B est en vente, alors il devrait lui recommander de prendre C.

Oublier des variables explicatives dans un modèle

Ce second exemple est plus compliqué à analyser (mais il est relativement classique dans les problèmes de choix lors d'élections, par exemple). En revanche, le premier est intéressant à plusieurs titres. On a vu que regarder les données agrégées conduisait à des conclusions étonnantes. De manière générale, oublier des variables importantes dans une régression donne des conclusions souvent fausses.

Sur la figure 3 (voir ci-dessous) sont représentées, pour une centaine de pays, la consommation de cigarettes par habitant et l'espérance de vie (à la naissance). On

Figure 3 - Consommation de cigarettes par habitant et espérance de vie



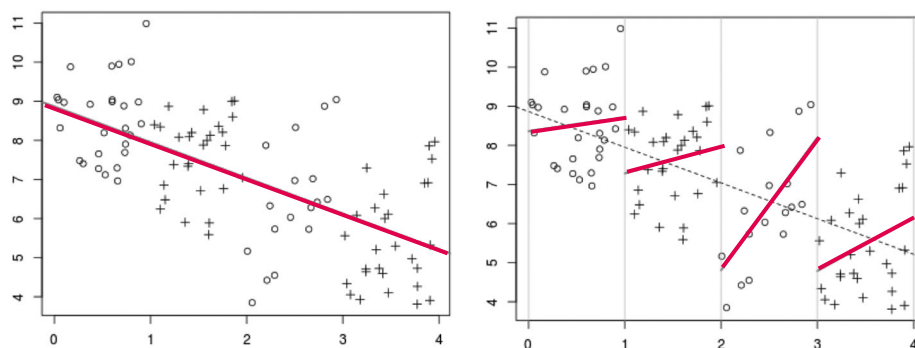
Source : Arthur Charpentier, données OMS.

y voit clairement une relation croissante, que l'on traduirait (hâtivement) par « plus on fume, plus on vit longtemps ». On travaille ici sur des données agrégées, et la lecture plus juste serait de dire que, dans un pays, plus la consommation de cigarettes est importante, plus l'espérance de vie est importante. C'est en fait un effet de richesse que l'on visualise ici (sans qu'il soit représenté explicitement). Cette variable cachée est l'analogie de l'état de santé du patient dans le premier exemple.

Sur la figure 4 (voir plus bas), on a quatre groupes (quatre états de santé pour reprendre les exemples précédents). Si on oublie de les prendre en compte, on observe un effet négatif de la variable explicative (en abscisse) sur la variable que l'on souhaite expliquer (en ordonnée). En revanche, si on raisonne ensuite par sous-groupe, on voit au contraire que l'effet est plutôt positif.

plus sollicités pour rechercher des tendances dans ces masses de chiffres, afin de « séparer un signal du bruit », pour reprendre l'expression de Nate Silver (2). Faire parler les données est finalement assez simple. Mais les faire parler pour extraire un message cohérent et consistant l'est beaucoup moins. On l'a vu, manipuler des tableaux croisés relativement simples peut amener à des conclusions fausses. Car oublier des variables explicatives importantes dans un modèle fait dire aux chiffres le contraire de ce qu'ils disent réellement ! La notion de *data driven* est de plus en plus présente, mais elle est dangereuse. Se laisser conduire par les données peut amener un peu n'importe où. Il est important d'apprendre à écouter ses données, tout en gardant un regard critique à leur sujet.

Figure 4 - Impact de l'oubli de variables explicatives dans un modèle de régression



Source : Arthur Charpentier.

Data science et interprétation statistique

Depuis plusieurs mois, on insiste sur le fait que les actuaires doivent avoir une culture des données, qu'ils doivent être des *data scientists*. Les assureurs collectent en effet beaucoup de données, et les actuaires sont de plus en

Notes

1. Notion de « spurious regression » en anglais.
2. Silver N., *The Signal and the Noise*, Penguin Group, 2012.

Bibliographie

BICKEL P. J. ; HAMMEL E. A. ; O'CONNELL J. W., "Sex Bias in Graduate Admissions: Data from Berkeley", *Science*, vol. 187 (4175), 1975, pp. 398-404.

GARDNER M., "Induction and Probabilities", *Time Travel and Other Mathematical Bewilderments*, W. H. Freeman & Company, 1987.

PEARSON K. ; LEE A. ; BRAMLEY-MOORE L., "Genetic (Reproductive) Selection: Inheritance of Fertility in Man", *Philosophical Transactions of the Royal Society*, série A, vol. 192, pp. 257-330, <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/192/257.citation#related-urls>

ROMEUF J. (dir.), *Dictionnaire des sciences économiques*, tome 1, PUF, 1956.

SIMPSON E. H., "The Interpretation of Interaction in Contingency Tables", *Journal of the Royal Statistical Society*, série B, vol. 13 (2), 1951, pp. 238-241.

YULE G. U., "Notes on the Theory of Association of Attributes in Statistics", *Biometrika*, vol. 2 (2), 1903, pp. 121-134.

PRENDRE UN RISQUE CALCULÉ PEUT FAIRE GAGNER DES ANNÉES

Christian Hess

Professeur émérite à l'Université Paris Dauphine

Membre de l'Institut des actuaires

On montre à partir d'un exemple ludique qu'une stratégie risquée peut être grandement préférable à une stratégie sans risque. Il s'agit de conseiller cent prisonniers confrontés à un jeu à l'issue duquel ils seront tous libérés ou tous mis à mort. Deux stratégies sont possibles. La première est sûre à 100 %, mais longue à produire la libération : sous des hypothèses convenables, on montre que le temps d'attente sera d'au moins vingt ans. La seconde stratégie est risquée, mais d'effet plus rapide. Le niveau de risque est choisi par les détenus. Plus le risque accepté est élevé, plus le temps moyen d'attente avant la libération sera court. On explique comment quantifier ce risque afin d'aider les prisonniers à élaborer leur stratégie ⁽¹⁾.

Énoncé du problème

Cent prisonniers sont enfermés dans un pénitencier qui comporte 100 cellules et une pièce principale (PP). PP est éclairée par une ampoule électrique commandée par un interrupteur. Les prisonniers sont dans des cellules sans fenêtre, totalement isolées les unes des autres. Leur sort dépend d'une sorte de jeu proposé par le gardien. Chaque jour, ce dernier choisira au hasard un prisonnier et l'emmènera dans PP. Ce prisonnier

pourra alors, à son gré, actionner ou non l'interrupteur. Si l'ampoule est éteinte quand il entre dans la pièce, il peut choisir de l'allumer ou de la laisser éteinte, et vice versa si l'ampoule est allumée quand il arrive.

L'enjeu est le suivant : si, lors de son passage dans PP, un prisonnier déclare « Tous les prisonniers sont déjà venus au moins une fois dans cette pièce » et s'il a raison, alors les 100 prisonniers seront aussitôt libérés. S'il a tort, tous les prisonniers seront mis à mort. Nous nous référerons à l'affirmation précédente comme la « phrase clé ».

On suppose que les prisonniers acceptent le jeu. Dans ce cas, avant que le jeu commence et qu'ils soient isolés, chacun dans sa cellule, on leur accorde un laps de temps durant lequel ils pourront se réunir et se concerter afin de mettre au point une stratégie. Quelques précisions :

- Les prisonniers n'ont aucun moyen de mesurer le temps (ni horloge, ni calendrier...) ; ils ne peuvent donc compter les jours. Lorsqu'un prisonnier est emmené dans PP, il ne sait pas depuis combien de jours le jeu a commencé.
- Une fois que le jeu a commencé et que les prisonniers ont été enfermés dans leur cellule, ces derniers n'ont qu'un seul moyen de communiquer entre eux : l'état de l'ampoule, allumée ou éteinte, dans PP lorsqu'ils y sont emmenés.
- Tous les autres moyens de communication sont exclus : les prisonniers ne peuvent pas laisser de messages ou de traces dans PP, ils ne peuvent rien entendre quand ils sont dans leur cellule, ils ne peuvent pas déduire quoi que ce soit de la température de l'ampoule, etc.
- Le gardien ne touche jamais à l'interrupteur, il laisse l'ampoule dans le même état d'un jour sur l'autre.
- Un prisonnier peut être emmené plusieurs fois dans PP. En revanche, il peut ne pas y être emmené pendant une longue période ; il pourrait même ne jamais y être emmené, ce que l'on exclura pour éviter les trivialités et préserver l'intérêt de l'énigme. On supposera ici que le gardien choisit les prisonniers au hasard [voir l'hypothèse (H) dans la section suivante].
- Il existe deux versions, (e1) et (e2), de l'énigme selon l'information donnée aux prisonniers :
 - (e1) : l'ampoule est éteinte au début du jeu et les prisonniers en sont informés ;
 - (e2) : l'ampoule est éteinte ou allumée au début du jeu. Les prisonniers ne le savent pas.

Nous raisonnerons sur la version (e1) ; la version (e2) est abordée dans l'annexe 1 (voir p. 114).

Stratégie sans risque

Dans cette section, on suppose que les prisonniers optent pour une stratégie avec risque zéro. Autrement dit, si l'un d'eux prononce la phrase clé, il est certain que tous seront libérés. L'absence de risque constitue un avantage évident de cette stratégie, que l'on va décrire ci-après (2). On verra cependant qu'elle conduit à un temps d'attente excessif, temps qui va être évalué sous l'hypothèse (H) présentée dans la sous-section « Critique de la stratégie sans risque ».

Description de la stratégie sans risque

Dans le cas (e1), les prisonniers peuvent procéder de la manière suivante. Ils désignent l'un d'eux comme « compteur » qui sera chargé d'allumer la lampe chaque fois qu'il est emmené dans PP et qu'il voit la lampe éteinte. Chacun des 99 autres prisonniers éteint la lampe lorsqu'il la voit allumée, mais une fois et une seule. Autrement, dit, chacun d'eux doit éteindre la lampe la première fois qu'il est emmené dans PP, mais il ne devra plus toucher à l'interrupteur lors de ses autres passages éventuels. Lorsque le prisonnier compteur constate 99 passages, il peut annoncer sans risque d'erreur que tous les prisonniers sont passés. Cette stratégie nécessite au minimum 198 passages : 99 pour les prisonniers non compteurs et 99 pour le compteur. Il doit évidemment y avoir alternance des passages. Chaque fois qu'un prisonnier sera emmené pour la première fois dans PP et qu'il verra l'ampoule allumée, il l'éteindra, mais il faudra attendre que le gardien emmène le prisonnier compteur dans PP pour que ce dernier comptabilise le passage. Dans l'intervalle, l'interrupteur ne sera pas actionné.

■ Critique de la stratégie sans risque

Dans la suite, n désigne une valeur quelconque du nombre de jours de captivité ou « nombre d'étapes ». On dira qu'il y a « succès » à l'étape n si l'un des prisonniers prononce la phrase clé et qu'il a raison. On parlera d'« échec » si l'un des prisonniers prononce la phrase clé alors qu'elle est fausse, ce qui les condamnera tous à mort.

Afin de pouvoir quantifier le risque et effectuer des calculs probabilistes, on introduit l'hypothèse suivante, notée (H).

◆ Hypothèse (H)

On suppose que le gardien choisit les prisonniers au hasard (avec équiprobabilité). Autrement dit, chaque jour un prisonnier quelconque est tiré au hasard parmi les 100 avec probabilité $1/100$. Les tirages sont en outre supposés indépendants. L'hypothèse d'indépendance signifie que le résultat d'un tirage ne modifie pas les probabilités relatives aux tirages suivants.

On désigne par T la durée de captivité des prisonniers s'ils appliquent la stratégie sans risque. Les valeurs de T sont aléatoires : plusieurs valeurs sont a priori possibles, chaque valeur ayant sa propre probabilité de survenance. On dit que T est une « variable aléatoire » ou un « aléa numérique ». Dans la dernière colonne du tableau se trouvent les valeurs de $P(T \leq n)$, probabilité pour que la valeur de T soit inférieure ou égale à n , n désignant une valeur possible du nombre de jours de captivité. La connaissance de cette probabilité pour toutes les valeurs possibles de n détermine ce qu'on appelle la loi de probabilité de T , en bref la loi de T . Noter toutefois qu'il s'agit ici de lois empiriques obtenues par la méthode de Monte-Carlo (à partir d'un échantillon de taille 10⁶), car la détermination de la loi théorique de T n'est pas simple.

Le tableau montre que T est compris, grosso modo, entre 20 et 40 ans avec une probabilité égale à 1, à 10⁻⁴ près. Autrement dit, la probabilité pour que T soit inférieure à 20 ans ou supérieure à 40 ans

est négligeable. On a aussi calculé l'espérance mathématique et l'écart-type de T , donnés en jours par $E(T) = 10\,417,74$ et $\sigma(T) = 997,96$, soit 28,54 ans et 2,73 ans respectivement. On va voir que le temps moyen d'attente, proche de 30 ans, peut être considérablement réduit par le recours à une autre stratégie.

Tableau 1 - Loi de T

$n = \text{nombre de jours}$	nombre d'années	$P(T \leq n)$
7 000	19,18	0,00006
8 000	21,92	0,00448
9 000	24,66	0,0584
10 000	27,40	0,3480
11 000	30,14	0,7273
12 000	32,88	0,9381
13 000	35,62	0,9923
14 000	38,36	0,9995
15 000	41,10	1,0000

Source : Christian Hess.

Stratégie risquée

La stratégie que l'on va présenter maintenant comporte un risque d'erreur. Contrairement à la stratégie sans risque exposée dans la section précédente, il ne sera plus sûr à 100 % que les prisonniers soient libérés si l'un d'eux prononce la phrase clé. Il y aura donc une probabilité non nulle pour qu'ils soient tous mis à mort. Afin d'expliquer la nouvelle stratégie et la manière dont le risque peut être contrôlé, l'introduction de deux autres variables aléatoires est nécessaire.

On considère en premier lieu le nombre minimum de jours, noté N , pour que chacun des prisonniers soit emmené au moins une fois dans PP. L'inégalité $\{N \leq n\}$ signifie que tous les prisonniers sont passés dans PP au plus tard le n -ième jour de captivité. Il est possible de calculer, en fonction de n , la probabilité pour que cette inégalité soit satisfaite. Les arguments mathématiques sont donnés brièvement en annexe. Cela permet de construire le tableau suivant, qui indique les valeurs de la probabilité $P(N \leq n)$ pour différentes valeurs du nombre n de jours.

Tableau 2 - Loi de N

n	Nombre d'années	$P(N \leq n)$
300	0,82	0,00414
400	1,10	0,15230
500	1,37	0,51155
600	1,64	0,78464
700	1,92	0,91545
800	2,19	0,96824
900	2,47	0,98826
1 000	2,74	0,99569
1 100	3,01	0,99842
1 200	3,29	0,99942
1 300	3,56	0,99978
1 400	3,84	0,99992

Source : Christian Hess.

On peut observer que la variable aléatoire N prendra une valeur inférieure à 1 200 (resp. 1 400) jours avec probabilité de l'ordre de 0,999 (resp. 0,9999). Par conséquent, il est pratiquement certain que les prisonniers seront tous passés dans PP en moins de 4 ans. Si les prisonniers pouvaient compter les jours, la phrase clé pourrait donc être prononcée après 3 ou 4 ans de captivité, avec un risque d'erreur négligeable.

Cela n'étant pas possible, les détenus doivent trouver une autre façon d'évaluer le temps écoulé depuis leur incarcération. Or, si un prisonnier ne peut compter les jours, il peut en revanche compter le nombre de fois où le gardien l'emmène dans PP. Étant donné un entier positif m , on désigne par R_m le nombre minimum de jours nécessaires pour que l'un des prisonniers soit emmené m fois dans PP. Ainsi, l'égalité $\{R_m = n\}$ signifie qu'à l'étape n l'un au moins des prisonniers était déjà passé m fois dans PP. De plus, à l'étape $n-1$, un prisonnier au moins était passé $m-1$ fois, mais aucun n'était passé m fois. De même, l'inégalité $\{R_m \leq n\}$ traduit le fait que l'un des prisonniers était passé m fois dans PP avant la fin du

n -ième jour. Le calcul direct des probabilités $P(R_m \leq n)$ étant assez complexe, nous nous sommes basés, comme pour le tableau 1, sur des lois empiriques données dans le tableau suivant pour $m = 25, 30$ et 35 . L'échantillon est de taille 10^6 .

Tableau 3 - Loi de R_m

n (en jours)	en années	$P(R_{25} \leq n)$	$P(R_{30} \leq n)$	$P(R_{35} \leq n)$
700	1,92	0,0000	0,0000	0,0000
800	2,19	0,0001	0,0000	0,0000
900	2,47	0,0007	0,0000	0,0000
1 000	2,74	0,0042	0,0000	0,0000
1 100	3,01	0,0180	0,0001	0,0000
1 200	3,29	0,0618	0,0008	0,0000
1 300	3,56	0,1737	0,0034	0,0000
1 400	3,84	0,3903	0,0121	0,0001
1 500	4,11	0,6792	0,0381	0,0006
1 600	4,38	0,9080	0,1013	0,0023
1 700	4,66	0,9903	0,2311	0,0078
1 800	4,93	0,9998	0,4445	0,0226
1 900	5,21	1,0000	0,7021	0,0577
2 000	5,48	1,0000	0,9020	0,1319
2 100	5,75	1,0000	0,9849	0,2668
2 200	6,03	1,0000	0,9993	0,4679
2 300	6,30	1,0000	1,0000	0,6999
2 400	6,58	1,0000	1,0000	0,8863
2 500	6,85	1,0000	1,0000	0,9765
2 600	7,12	1,0000	1,0000	0,9980
2 700	7,40	1,0000	1,0000	1,0000

Source : Christian Hess.

On introduit maintenant la stratégie risquée en commençant par deux exemples numériques basés sur les tableaux 2 et 3. Le risque est mesuré par la probabilité d'erreur lorsque la phrase clé est prononcée.

■ Exemple 1

On a vu dans le tableau 2 que la probabilité pour que l'aléa N soit inférieur ou égal à 1 200 jours (3,29 ans) est de 0,999. Or, en examinant le tableau 3, on vérifie que la variable aléatoire R_{30} prend une valeur supérieure à 1 200 jours avec une probabilité d'environ 0,999. Par conséquent, la double inégalité

$N \leq 1\,200 < R_{30}$ sera vérifiée avec une probabilité d'au moins 0,998. Il en va donc a fortiori de même pour l'événement $\{N < R_{30}\}$. On en déduit que le premier prisonnier venant d'être emmené dans PP pour la 30-ième fois pourra affirmer avec une probabilité d'erreur inférieure à 0,002 que tous ses camarades sont déjà passés au moins une fois dans PP, ce qui lui permettra de prononcer la phrase clé avec une probabilité de se tromper inférieure à 0,002. On peut aussi évaluer le temps moyen d'attente qui n'est autre que l'espérance mathématique de R_{30} : 1 809 jours, soit 4,96 ans, au lieu de 28,54 ans pour la stratégie sans risque. Le délai maximum probable, à 10^{-4} près, avant la libération est de 2 300 jours, soit 6,30 années. Autrement dit, la probabilité pour que les prisonniers soient libérés avant 6,30 années est 0,9999.

■ Exemple 2

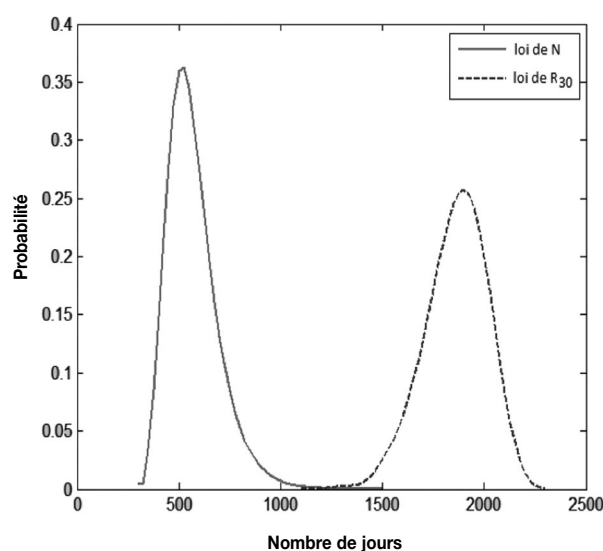
Si les prisonniers estiment trop élevé le niveau de risque précédent, ils peuvent le réduire en observant, d'après le tableau 2, que la probabilité pour que N soit inférieure à 1 400 jours (3,84 ans) est 0,9999, tandis que, d'après le tableau 3, on a $R_{35} > 1\,400$ avec la même probabilité. Comme dans l'exemple 1, cela implique la double inégalité $N \leq 1\,400 < R_{35}$ avec probabilité de 0,9998. Ainsi, un détenu venant de passer dans PP pour la 35-ième fois pourra prononcer la phrase clé avec une probabilité d'erreur inférieure à 0,0002. Le temps moyen d'attente est maintenant de 2 199 jours, soit 6,02 années, tandis que le délai maximum probable (toujours à 10^{-4} près) est de 2 700 jours, soit 7,40 années.

Ces exemples suggèrent une formulation générale de la stratégie risquée. En supposant choisi le niveau de risque toléré, c'est-à-dire la probabilité d'erreur lorsque la phrase clé sera prononcée, on doit choisir convenablement l'entier m pour pouvoir trouver une valeur n_0 du nombre de jours vérifiant la condition suivante : la probabilité pour que N soit inférieur ou égal à n_0 et la probabilité pour que R_m soit supérieur à n_0 sont toutes deux proches de 1. Si cette condition est réalisée, il sera pratiquement certain que les prisonniers sont tous passés dans PP avant

que l'un d'eux n'ait été emmené m fois dans PP. Le prisonnier venant d'être emmené dans PP pour la m -ième fois pourra donc prononcer la phrase clé avec un risque d'erreur très faible. La valeur optimale de m sera la plus petite possible, car elle minimisera le temps moyen d'attente, égal à l'espérance mathématique de R_m .

Dans le premier exemple, où le risque d'erreur est de 0,002, on a choisi $n_0 = 1\,200$ et $m = 30$. Dans le second, on a pris $n_0 = 1\,400$ et $m = 35$ et, le risque d'erreur étant alors de 0,0002. Les graphes des lois de probabilité (lissées) correspondant à l'exemple 1 sont présentés sur la figure 1 ci-après et illustrent le fait que la probabilité $P(N > R_{30})$ est très faible.

Figure 1 - Lois de N et de R_{30}



Source : Christian Hess.

Ce qui précède permet de définir la stratégie suivante en trois phases (a), (b) et (c).

(a) Au cours de leur réunion de concertation initiale, les prisonniers doivent s'accorder sur la valeur maximale α de la probabilité d'échec lorsque l'un d'eux prononcera la phrase clé. Ce choix est évidemment crucial, puisque les prisonniers seront tous mis à mort en cas d'erreur. D'un autre côté, la perspective de passer entre 20 et 30 ans en prison, s'ils adoptent la stratégie sans risque, n'est pas non plus réjouissante,

sans compter que la prison peut induire une surmortalité par rapport à la mortalité de la population générale (3). On peut donc raisonnablement penser que les prisonniers seront prêts à accepter un certain risque pour gagner, au minimum, 10 années de liberté. Le danger, si les détenus appliquent cette stratégie, est que le m -ième passage d'un prisonnier dans PP se produise avant que tous n'aient été emmenés dans PP. Il est quantifié par la probabilité $P(N > R_m)$, que les prisonniers souhaitent voir inférieure ou égale à α .

(b) Compte tenu de la présence des deux aléas N et R_m , il est commode de décomposer α en deux parties α_1 et α_2 , soit $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ avec $0 < \alpha_1, \alpha_2 < 1$. Dans la deuxième phase, les prisonniers déterminent la plus petite valeur de n , notée n_0 , vérifiant

$$P(N > n_0) < \alpha_1 \quad (1)$$

La probabilité pour qu'il reste un prisonnier non encore passé dans PP après n_0 jours de captivité est donc inférieure à α_1 .

(c) Enfin, les détenus déterminent la plus petite valeur de l'entier m vérifiant

$$P(R_m < n_0) < \alpha_2 \quad (2)$$

Ainsi, lorsque l'un des prisonniers vient d'être emmené dans PP pour la m -ième fois, la probabilité pour que R_m soit inférieur à n_0 est plus petite que α_2 .

Si α est suffisamment petit, la probabilité de succès de la stratégie décrite ci-dessus sera proche de 1. On vérifie en effet que

$$P(N \leq R_m) \geq P(N \leq n_0 \leq R_m) \geq 1 - \alpha. \quad (3)$$

Par conséquent, le premier prisonnier emmené dans PP pour la m -ième fois prononcera la phrase clé avec une probabilité d'erreur, à savoir $P(N > R_m)$, inférieure à α . En appliquant cette stratégie, le temps d'attente sera donné par R_m , au lieu de T pour la méthode sans risque.

■ Quelques remarques

(i) Les exemples numériques précédents montrent que, sous l'hypothèse (H), les détenus pourront sortir de prison dans un délai inférieur à 8 ans en ne prenant qu'un risque très faible. Même s'il est loin d'être négligeable, ce délai est beaucoup plus court qu'avec la stratégie sans risque (qui nécessite d'attendre entre 20 et 30 ans). Ces exemples pourraient être affinés en construisant d'autres tableaux, similaires au tableau 3, pour d'autres valeurs de n et de m . Cela permettrait notamment de déterminer la valeur optimale de m mentionnée plus haut. Par ailleurs, il pourrait être intéressant de reprendre le problème avec d'autres valeurs du nombre de prisonniers.

(ii) Le fait de ne pouvoir compter les jours est très pénalisant. On le vérifie en se reportant au tableau 2. Si les prisonniers pouvaient compter les jours, le temps d'attente avant leur libération serait donné par N , et la probabilité d'échec serait donnée par $P(N \geq n_0)$. Par exemple, le temps d'attente avant leur libération pourrait être, selon le choix de la borne supérieure de la probabilité d'échec :

- de 1 200 jours (3,29 années) avec probabilité d'échec de 0,00058,
- de 1 300 jours (3,56 années) avec probabilité d'échec de 0,00022,
- de 1 400 jours (3,84 années) avec probabilité d'échec de 0,00008.

(iii) La stratégie risquée repose fortement sur l'hypothèse (H). Si celle-ci n'est pas satisfaite, il peut en résulter, pour les détenus, le meilleur comme le pire. Par exemple, si ces derniers appliquent la stratégie non risquée exposée plus haut, et si le gardien est bienveillant, alors la libération pourra se produire au bout de 198 jours seulement. Dans ce cas, l'hypothèse (H) n'est évidemment pas satisfaite. Un autre cas où (H) n'est pas satisfaite est beaucoup moins favorable aux prisonniers. C'est celui où ces derniers appliquent la stratégie risquée et où le gardien, le sachant, emmène l'un des détenus 30 ou 35 fois dans PP avant que tous les autres soient passés. Ce faisant, il

les condamne à mort, car le prisonnier choisi, croyant bien faire, prononcera la phrase clé et sera évidemment dans l'erreur.

(iv) Dans l'évaluation de la loi de R_m , on doit prendre en compte l'erreur inhérente à la méthode de Monte-Carlo, qui a servi à construire le tableau 3. Comme on l'a indiqué, les estimations sont basées sur un échantillon de taille 10⁶, ce qui rend possible l'estimation d'une probabilité de l'ordre de 10⁻³. Pour une probabilité plus faible, il serait souhaitable d'accroître la taille de l'échantillon. Afin de mieux maîtriser la quantification du risque, l'idéal serait de trouver une formule « fermée » pour la loi de R_m , comme on peut le faire pour la loi de N [égalité (5) de l'annexe 2, p. 115].

Pour conclure

Comme dans d'autres situations où un problème doit être résolu dans un environnement aléatoire, on constate que l'acceptation d'un risque peut s'avérer rentable. Il faut pour cela que le niveau de risque assumé soit quantifiable et contrôlable. Dans le cas présent, si les prisonniers renoncent à s'en remettre à la solution sans risque ⁽⁴⁾, le temps d'attente avant leur libération sera considérablement réduit. Cela dit, la remarque (iii) ci-dessus montre que si les prisonniers ne sont pas sûrs de la validité de l'hypothèse (H), ils devront jouer de prudence et agir selon la stratégie non risquée. Rien ne les empêche cependant d'utiliser simultanément les deux stratégies et de jouer ainsi « sur les deux tableaux ».

Les résultats précédents illustrent aussi le rôle de l'information. Celle donnée par l'état de l'ampoule dans la pièce principale est réduite au minimum, mais est exploitée astucieusement par la stratégie sans risque. Toujours dans le cas de la stratégie sans risque, l'absence d'information sur l'état initial de l'ampoule [cas (e2)] a un fort impact puisqu'elle entraîne le doublement du temps moyen d'attente, comme cela est expliqué dans l'annexe 1. Nous avons aussi noté dans le cadre de la stratégie risquée que, si les prisonniers

pouvaient compter les jours, ils pourraient, à niveau de risque égal, gagner de nombreuses années de liberté [remarque (ii)]. Par ailleurs, on peut observer que la stratégie risquée n'utilise pas l'information sur l'état de l'ampoule dans PP, tandis que la stratégie sans risque en fait un usage essentiel. Cela suggère une question : peut-on élaborer une stratégie risquée au moins aussi performante que celle présentée à la section « Stratégie risquée » et tenant compte des informations recueillies par les prisonniers sur l'état de l'ampoule ?

Dans l'analyse de la stratégie risquée, nous avons montré comment, sous certaines hypothèses, le risque peut être quantifié. Nous avons proposé à titre d'illustration deux valeurs de la probabilité d'échec, mais nous n'avons pas abordé la question du niveau de risque que doivent (ou peuvent) accepter les prisonniers. Celle-ci dépend évidemment de facteurs subjectifs tels que l'aversion au risque de chacun, ce qui sera susceptible d'occasionner de sérieuses discussions lors de la réunion de concertation initiale...

Notes

1. L'énoncé de ce problème et la solution sans risque peuvent se trouver sur Internet (nous sommes reconnaissant à Bruno Hess de nous l'avoir indiqué). L'objectif de cette note est de présenter une stratégie risquée et de la comparer avec la stratégie sans risque.

2. Trouver cette stratégie demande un peu de réflexion. Le lecteur souhaitant la découvrir par lui-même pourra interrompre momentanément la lecture de cet article avant d'aborder la sous-section intitulée « Description de la stratégie sans risque ».

3. À titre de comparaison, selon les tables de mortalité de la population française, la probabilité de décès dans l'année pour un homme de 40 ans est de l'ordre de deux millièmes (un peu moins pour les femmes).

4. La stratégie sans risque peut être vue comme une application du célèbre « principe de précaution ».

Annexe 1. Description de la stratégie sans risque dans le cas (e2)

Si les prisonniers ne connaissent pas l'état initial de l'ampoule, ils peuvent penser d'abord à utiliser la même stratégie que dans le premier cas, où l'état initial de l'ampoule est connu (ampoule allumée). Cependant, cette façon de procéder conduira à une incertitude. Si la lampe est éteinte au départ, le détenu compteur l'allumera lorsqu'il passera pour la première fois, mais ne saura pas si elle était éteinte depuis le début du jeu ou si elle était allumée au départ et que l'un de ses camarades l'a éteinte ensuite. Il pourra ainsi compter 98 prisonniers, mais ne saura pas s'il doit attendre ou non le passage du 99-ième.

Pour lever l'incertitude et ne prononcer la phrase clé qu'à coup sûr, les détenus doivent adapter leur stratégie à cette nouvelle situation où l'information disponible est plus pauvre. Une solution possible est la suivante. Les prisonniers s'accorderont au départ sur le fait que chaque prisonnier, autre que celui chargé de compter, devra éteindre l'ampoule lors de ses deux premiers passages dans PP (lorsque l'état initial de l'ampoule était connu, tous les prisonniers autres que le compteur éteignaient l'ampoule une seule fois). Lors de ses autres passages éventuels, ce prisonnier ne touchera plus à l'interrupteur. Le détenu compteur procédera comme pour le cas précédent. Lorsqu'il constatera $197 (= 98 + 99)$ passages, il pourra conclure que tous sont passés au moins une fois et pourra prononcer la phrase clé.

Cette stratégie nécessitera 394 passages au minimum, à savoir 197 pour les prisonniers non compteurs et 197 pour le prisonnier compteur. Le temps moyen d'attente avant la libération est doublé par rapport à celui du cas (e1).

Quant à la stratégie risquée, il n'y a pas lieu de la modifier puisqu'elle ne prend pas en compte l'état de l'ampoule. En tout cas, son avantage sur la stratégie non risquée est encore plus marqué que dans le cas (e1).

Annexe 2. Compléments techniques

Le but de cette annexe est de donner au lecteur intéressé quelques précisions sur les arguments mathématiques utilisés pour obtenir la loi de N .

Afin de pouvoir quantifier le risque et effectuer des calculs probabilistes, on a introduit l'hypothèse (H). Une conséquence de cette hypothèse est que, si n désigne une valeur quelconque du nombre de jours de captivité et $N_i(n)$ la variable aléatoire « nombre de passages dans PP du prisonnier i au cours des n premiers jours » ($i = 1, \dots, 100$), alors le vecteur aléatoire $[N_1(n), \dots, N_{100}(n)]$ suit la loi multinomiale $M(n; p_1, \dots, p_{100})$ avec $p_1 = p_2 = \dots = p_{100} = 1/100$. Il en résulte que

$$P(N_1(n) = n_1, \dots, N_{100}(n) = n_{100}) = \frac{n!}{n_1! \dots n_{100}!} \left(\frac{1}{100}\right)^n \quad (4)$$

quels que soient les entiers non négatifs $n_1, \dots, n_{100}$ de somme n . La loi multinomiale est une extension de la loi binomiale. Ces deux lois de probabilité permettent de modéliser les résultats d'une suite de n tirages indépendants lorsque le nombre de possibilités à chaque tirage est 2 pour la loi binomiale, 100 ici pour la loi multinomiale.

Pour déterminer la loi de N , on peut procéder de la manière suivante. L'événement $\{N > n\}$, noté aussi A_n , peut s'écrire comme la réunion $A_n = B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_{100}$ où l'événement B_i est défini pour tout $i = 1, \dots, 100$ par

$B_i = \{\text{le } i^{\text{e}} \text{ prisonnier n'a pas été emmené dans PP au cours des } n \text{ premières étapes}\}.$

La formule d'inclusion-exclusion donne

$$P(A_n) = \sum_{i=1}^{100} P(B_i) - \sum_{i_1 < i_2} P(B_{i_1} \cap B_{i_2}) + \sum_{i_1 < i_2 < i_3} P(B_{i_1} \cap B_{i_2} \cap B_{i_3}) + \dots + (-1)^{100} P(B_1 \cap \dots \cap B_{100})$$

Le dernier terme de la somme précédente est nul. Quelques arguments probabilistes et combinatoires en liaison avec la relation (4) permettent d'obtenir l'expression

$$P(A_n) = C_{100}^1 \left(\frac{99}{100}\right)^n - C_{100}^2 \left(\frac{98}{100}\right)^n + \dots + (-1)^{99} C_{100}^{99} \left(\frac{1}{100}\right)^n \quad (5)$$

La relation (5) permet de construire le tableau 2.

Mentionnons pour terminer une approximation possible. Il est connu que chacune des variables aléatoires $N_i(n)$ suit la loi binomiale de paramètres n et $1/k$. Ces variables aléatoires ne sont pas indépendantes puisque leur somme (pour i allant de 1 à 100) est égale à n . Signalons cependant que supposer les $N_i(n)$ indépendantes pour déterminer les lois de N et de R_m conduit à une approximation acceptable de ces lois.

Les débats de Risques

POUR UNE PROTECTION DES LIBERTÉS INDIVIDUELLES ET DES DONNÉES PERSONNELLES

Dans le prolongement de l'affaire Snowden, Risques a organisé le 24 juin 2014 une table ronde réunissant des spécialistes du sujet pour débattre des enjeux de la protection des libertés individuelles et des données personnelles. Étaient présents Philippe Aigrain, co-fondateur de La Quadrature du Net, chercheur et essayiste, Antoine Lefébure, auteur de L'affaire Snowden (Ed. La Découverte), Jean-Marc Manach, journaliste d'investigation, Pierre-Olivier Sur, bâtonnier de Paris et Thierry van Santen, directeur général d'Allianz Global Corporate & Specialty SE France.

Le débat était animé par Jean-Hervé Lorenzi, directeur de la rédaction de Risques.

Risques : Tout d'abord, pouvons-nous préciser les enjeux de ce débat, à la fois sur un plan juridique (la protection de l'individu) et un plan technologique ; et enfin, comment peut-on se protéger ?

Pierre-Olivier Sur : Nous sommes aujourd'hui dans un schéma particulier. Face à un double effondrement, celui du Parlement et celui de l'exécutif. Nous avons un pouvoir judiciaire qui représente, avec tous les moyens technologiques existants, un risque, une menace de terreur. C'est-à-dire que, quand tout s'est effondré, il ne reste que le judiciaire. Et le judiciaire en ce moment terrorise, avec des véhicules qui sont les écoutes téléphoniques judiciaires mais aussi les interceptions pirates, et puis les perquisitions tous azimuts, sans contrôle. Nous espérons qu'une loi interviendra bientôt pour réguler tout cela. Par exemple, d'une bagarre entre deux associés, qui aurait

dû se régler au sein de la profession, on arrive à des perquisitions (huit perquisitions de cabinets d'avocats dans la même journée) et des saisies de documents relatives à d'autres affaires. C'est la manifestation de ce qu'on appelle des enquêtes « à filets dérivants ». On arrive ainsi à l'affaire de la campagne présidentielle et du prétendu financement libyen... C'est-à-dire qu'on entre dans le secret d'un cabinet d'avocat pour rechercher une chose précise, et qu'on se sert de cette perquisition pour trouver des éléments qui concernent une affaire d'État qui n'a aucun lien avec l'affaire en cours. Ce sont des procédés qui sont absolument impossibles à accepter dans une société comme la France.

Philippe Aigrain : Je commencerai d'abord par évacuer l'idée que ce serait principalement le numérique lui-même et ses usages qui créeraient des

dangers massifs pour la vie privée. Le numérique est une mutation anthropologique considérable qui change ce qu'est penser et interagir avec les autres. Cela nous place face à des défis et on peut attendre des politiques publiques qu'elles n'aggravent pas la difficulté à faire face à ces défis en nous privant des moyens de construire la maîtrise nécessaire. Et là, on a deux autres types de risques : l'« invocation sécuritaire » et la « société de défiance ». L'invocation sécuritaire, c'est comme l'écrit Mireille Delmas-Marty dans *Libertés et sûreté dans un monde dangereux*, un concept de sûreté qui serait une promesse infinie de sécurité, le risque zéro dans la sécurité. C'est une promesse non tenable mais qui nous jette dans une trajectoire dangereuse. Et la société de défiance, c'est celle qui fait de chacun de nous un suspect jusqu'à ce qu'il soit prouvé que nous n'avons rien à nous reprocher. Pourquoi ces deux phénomènes se sont-ils développés ? Il y a une double racine. Une racine historique, qui est celle de l'effondrement de l'affrontement des blocs après 1989. Et une racine qui est la dérive oligarchique ou post-démocratique de nos sociétés. J'insisterai sur un point, c'est qu'il n'y a pas que Septembre 2001. La surveillance diffuse, la promotion des outils techniques de la surveillance diffuse, sont arrivées dans la seconde moitié des années 1990. Septembre 2001 a levé les inhibitions, mais n'a pas été à la source du développement de l'invocation sécuritaire et de la société de défiance.

Un autre phénomène, plus récent, a accentué les risques considérablement. Dans la seconde moitié des années 1990, il y eut la révélation du système Echelon. Les services des « 5 eyes » anglo-saxons espionnent le trafic sur Internet et dans les réseaux non Internet, parce que c'est là alors qu'on peut tout capturer, à la sortie de certains câbles transocéaniques, dans des communications par satellites, etc. Lorsqu'en 2008 (et peut-être avant aussi) on met en place des programmes comme Prism ⁽¹⁾, la NSA ⁽²⁾ et d'autres services tirent les conséquences du fait que l'information non contextualisée, celle qui est simplement des flux d'information, est extrêmement difficile à analyser. Ils ont besoin, pour espérer comprendre quelque chose, d'avoir accès à des métadonnées

contextuelles. C'est-à-dire, par exemple, pas seulement votre e-mail mais toute votre liste de contacts ; pas seulement les tweets que vous émettez mais tous vos suiveurs. Et pourquoi, à ce moment-là, peuvent-ils le faire ? Parce qu'entre 2004 et 2008 se passe une gigantesque contre-révolution informatique, qui est celle de la recentralisation des services sur le Web. De très nombreux services, qui étaient « départementalisés », c'est-à-dire distribués en partie dans des petits ensembles, ou franchement distribués, c'est-à-dire distribués au niveau des individus eux-mêmes, vont devenir des services centralisés chez quelques gros intermédiaires.

Mais ces deux phénomènes clés – l'invocation sécuritaire et la société de défiance, et la centralisation des intermédiaires – sont à mon avis une source des risques, mais montrent également qu'il existe une possibilité de tenter de les domestiquer. Je suis membre de la commission parlementaire sur le numérique qui vient d'être mise en place à l'Assemblée nationale. Le pouvoir du Parlement est fragilisé, mais c'est un geste pour se saisir de ces questions, et j'essaie d'y contribuer.

Jean-Marc Manach : Je suis d'accord avec l'analyse qui vient d'être faite. Au moment de l'affaire Snowden, Prism a été mal présenté et la quasi-totalité des gens l'ont considéré comme un système de surveillance massive de l'Internet mis en place par la NSA. En fait, Prism est un mécanisme mis en place pour que la NSA utilise le mécanisme Fisa ⁽³⁾ pour demander au FBI de demander à Google. Donc Google, Facebook, Microsoft, etc. ne connaissaient pas Prism, ne savaient pas qu'ils répondaient à une demande de la NSA, ils répondaient à une demande du FBI.

L'affaire Snowden a mis au jour la notion de construction parallèle. On a découvert que la NSA travaillait en tant que prestataire, notamment pour la DEA ⁽⁴⁾. Ils ont mis l'intégralité des Bahamas sur écoute pour lutter contre le trafic de drogue. Quand ils trouvent une information qui peut intéresser la DEA, ils la communiquent à la DEA qui, sachant que les trafiquants de drogue sont à tel endroit, tel jour, comme par hasard fait un contrôle routier ce

jour-là. En fait, il ne faut surtout pas qu'apparaisse dans la procédure judiciaire le fait que c'est la NSA qui a intercepté de façon plus ou moins illégale les données, et qui a donné les informations à la DEA, parce que sinon cela risque d'être cassé en justice.

Un autre signal faible dans les documents Snowden, c'est la notion de *three hops*. Jusqu'aux révélations Snowden, la majeure partie de l'opinion publique pensait : « je n'ai rien à me reprocher, donc je n'ai rien à craindre, je n'intéresse pas les services de renseignement ». Sauf que la notion de *three hops*, c'est trois sauts. Si on a une cible, on va s'intéresser à tous ceux qui sont en contact avec cette personne. Plus tous les gens qui sont en contact avec les gens qui sont en contact avec cette personne-là. Plus tous les gens qui sont en contact avec les gens qui sont en contact avec les gens qui sont en contact avec cette personne. Ce qui fait que la belle-sœur du garde du corps de François Hollande peut faire l'objet d'une interception de la NSA. Un ancien responsable de la NSA a dit : « Les métadonnées tuent ». Un exemple concret : des terroristes ou des djihadistes supposés ont été tués par ses drones au Yémen notamment. Ceux qui se savent traqués par la machine militaro-industrielle américaine n'utilisent pas leur téléphone portable. Mais ils ne peuvent pas empêcher leur femme d'envoyer un e-mail à leurs amies ou à leurs sœurs. Et grâce à l'e-mail envoyé par la femme de quelqu'un qui était sur la *kill list* d'Obama, ils ont réussi à localiser la maison où il était parce qu'ils ont intercepté un mail qu'elle a envoyé à sa sœur. Je ne sais pas si cette femme est morte dans le bombardement, mais voilà. La question n'est plus de savoir si on a quelque chose à se reprocher mais de savoir si on connaît quelqu'un qui connaît quelqu'un qui pourrait éventuellement intéresser un service de renseignement.

Le chercheur en sécurité informatique britannique Ross Anderson a développé une théorie très intéressante sur l'économie de la surveillance. En fait, la NSA a mis en place une super place de marché, où des services de renseignement de différents pays viennent échanger des métadonnées. Par exemple, la DGSE vient échanger des métadonnées interceptées

au Mali, au Niger ou en Afghanistan ; en échange, la NSA lui refile des métadonnées interceptées dans d'autres pays où elle n'est pas aussi présente. Et tout le monde va faire du troc de métadonnées avec la NSA, même les Indiens, pourtant plus proches de Moscou que de Washington. On a vu notamment un cas où les Américains ont financé et contribué à développer les puissances d'interception des télécommunications des Australiens, et où les Australiens s'en sont servi pour espionner un cabinet d'avocats américain qui défendait l'Indonésie dans le cadre d'un conflit commercial entre l'Australie et l'Indonésie. Et la NSA a laissé faire. Alors que la NSA a deux missions : la première, c'est sécuriser les communications des Américains ; la deuxième, c'est intercepter les télécommunications des ennemis des États-Unis. On voit ainsi que ce qui prime c'est la surveillance.

Philippe Aigrain : D'un point de vue technique, ce sont des machines qui écoutent, ou des hommes et des femmes ?

Jean-Marc Manach : Il y a différents moyens. Prism, c'est une requête judiciaire, et ensuite on demande les noms, les carnets d'adresses, éventuellement le contenu des communications, qui sont remontés au FBI, puis à la NSA, qui va faire un traitement manuel. Dans le cas de Tempora, qui est le programme d'interception massive des communications sur les câbles sous-marins en Grande-Bretagne, ils essaient d'intercepter absolument tout. Ensuite, ils stockent pendant trois jours, ils font tourner les machines pendant trois jours avec des filtres pour arriver à sélectionner les informations qui pourraient les intéresser à partir des mots clés, des adresses e-mails ou des adresses IP qu'ils recherchent. Ensuite, ils transmettent les résultats de ces filtres à des opérateurs humains, qui utilisent différents logiciels pour effectuer leur travail d'analyse, et peuvent aussi utiliser Xkeyscore, une sorte de moteur de recherche qui collecte quasi systématiquement les activités des internautes grâce à plus de 700 serveurs localisés dans plusieurs dizaines de pays.

Il faut imaginer que ce que fait la NSA, c'est un peu ce que fait Google. Sauf que Google archive le Web,

Tempora et Xkeyscore (entre autres) essaient d'archiver tout ce qui passe dans les câbles sous-marins, les satellites et Internet. Ensuite, les opérateurs du GCHQ ⁽⁵⁾ ou de la NSA disent : envoyez-moi tous les mails qui ont été envoyés par telle ou telle personne ; donnez-moi toutes les communications téléphoniques par telle ou telle personne ; tous les gens qui, ce jour-là, à 16 heures, étaient dans cette zone-là ou ont visité tel ou tel site, ou chercher tel ou tel mot clé. On voit aussi de plus en plus ce qu'on appelle des IMSI *catchers* ⁽⁶⁾ – c'est une vraie-fausse borne de téléphonie mobile qui permet de capter tous les numéros de téléphone dans un endroit donné. Quand j'ai travaillé avec Wikileaks sur les *Spy Files* (une enquête sur les marchands d'armes de surveillance numérique), le responsable de l'ISS ⁽⁷⁾ expliquait qu'entre 2001 et aujourd'hui, ce marché était passé de 0 à 5 milliards de dollars par an.

Antoine Lefébure : Un an après l'affaire Snowden, le premier bilan qu'on peut tirer c'est, a contrario de ce qui se dit en France, une véritable sensibilité de l'opinion publique sur ce sujet dans les pays où le travail d'information a été fait. C'est-à-dire que, par exemple au Brésil ou en Allemagne, où différents médias ont fait des enquêtes de fond, où les documents Snowden ont été publiés, commentés, etc., on voit une vraie inquiétude de l'opinion publique sur le sujet. Finalement, en France, les deux seules personnes qui ont fait un travail d'information sont Jean-Marc Manach et Philippe Aigrain, et son association La Quadrature du Net. Les médias français ont été bien peu nombreux à suivre le sujet – il n'y a pas plus de 10 % des documents Snowden dans le *Guardian*, le *Washington Post*, qui ont été traduits en français. Si vous ne lisez pas l'anglais, vous ne savez pas ce qu'il y a dans les documents Snowden, ce qui est invraisemblable. Et, à partir de là, est née une légende : l'opinion publique ne s'intéresse pas à la thématique des libertés individuelles. Ce qui est faux. C'est vrai qu'en lisant la presse quotidienne française et en regardant la télévision, vous n'avez aucune raison de vous préoccuper du sujet. Ce que vous dites aussi sur les perquisitions dans les cabinets d'avocats, etc., je ne le lis pas dans le journal ou très peu. Il n'y

a pas de détail, alors que c'est pourtant quelque chose d'important. Une amie (journaliste) dit que le mauvais journalisme est une exception culturelle française.

La deuxième chose, encore plus inquiétante, face à cette atonie des médias, c'est l'extraordinaire autonomie de ce système militaro-industriel, qui avait été dénoncé à l'époque par Eisenhower, et qui s'est reconverti et développé dans le domaine de la surveillance, et qu'aucun chef de gouvernement, d'Obama à Merkel, ne peut contraindre. On se rend compte qu'il y a la sphère démocratique, qui est en très mauvais état en raison de la manière dont l'opinion publique est traitée et prise en compte ; il y a l'espace public, qui est loin de la réalité du monde tel qu'il fonctionne ; et puis il y a une chose qui, elle, marche très bien, c'est cette espèce d'internationale des services de renseignement, des élites industrielles et politiques, qui s'entendent extrêmement bien entre eux. On a découvert très récemment, notamment dans un certain nombre de documents Snowden, que la NSA, en 1983, après un effort (10 milliards de dollars, 30 000 personnes) a dit : on n'arrive pas à faire cette surveillance universelle. Donc on va monter un système, un partenariat, ce qu'on appelle le *Third Party Countries*, avec trente-cinq pays, y compris l'Inde, donc des pays qui ne sont pas toujours alliés des États-Unis. Et on va leur donner des technologies en échange de quoi on va leur demander des capacités d'écoute régionales – par exemple l'Inde qui écoute la Chine – et des capacités de traduction. Parce qu'un des problèmes de la NSA, c'est la traduction, et en Inde il n'y a pas de problème de traducteur en chinois. Et ils ont monté une espèce de Facebook des services de renseignement. Contrairement à Facebook, il y a un chef qui distribue les informations et les technologies et dirige les échanges réciproques, centralisant pour lui-même l'ensemble des résultats. Ainsi, les services de renseignement de la France, de l'Italie, de l'Inde, etc. à coût égal ont vu leurs performances multipliées par trois. Pour le plus grand bonheur des dirigeants politiques de ces pays qui, sans bien savoir comment, commencent à avoir des informations très consistantes grâce à l'utilisation des logiciels de la NSA. Cette situation explique que rien

ne change sauf du côté des associations, des citoyens, des ingénieurs qui réfléchissent à des moyens techniques pour contrer la surveillance généralisée.

Thierry van Santen : Un mot de synthèse. Tout ce que l'on explique aujourd'hui, est une actualisation contemporaine d'actions qui existaient déjà chez Fouché au cours du Premier Empire, et qui se sont développées de tout temps au niveau des services secrets : échanges entre services, enquêtes de proximité où on faisait déjà les *three hops* (les enquêtes d'entourage). Aujourd'hui, les outils donnent une force de frappe qui est plus sophistiquée, plus complexe, et probablement moins maîtrisée et maîtrisable, aussi bien par les utilisateurs que par les « victimes ». Le véritable problème est double : c'est d'une part la gouvernance, tant du politique que du judiciaire, qui ont la tentation, comme les services de renseignement, d'utiliser de nouvelles techniques pour pouvoir atteindre leurs objectifs ; et d'autre part, celle des systèmes et de la régulation des systèmes, parce qu'ils sont interconnectés mondialement. Ceci explique très largement l'absence de réaction des gouvernements à la déclaration d'Obama. Tout simplement parce qu'on est dans un grand jeu interconnecté.

Par contre, j'ai d'autres inquiétudes qui vont au-delà : c'est la privatisation des systèmes combinée à une évolution technologique sans précédent. Je suis atterré par les projets de Google de pouvoir faire une mémoire virtuelle d'un individu qui permettrait d'accéder à l'immortalité, et a contrario du risque de pouvoir contrôler cette mémoire virtuelle. On arrive là à des limites qui m'intéressent presque plus que l'espionnage, qui a toujours existé sous des aspects beaucoup plus artisanaux (l'ouverture du courrier était pratiquée dans tous les régimes). Aujourd'hui, nous voyons des développements dans les mains de firmes privées, avec des projets impactant la vie quotidienne des individus qui sont totalement incontrôlables. On va bientôt avoir la voiture sans chauffeur. Imaginons simplement que demain il y ait 100 000 voitures qui roulent sans chauffeur. Cela peut être positif ; mais a contrario, cela veut dire aussi que je peux virtuellement infiltrer ces voitures et créer un gigantesque crash.

Risques : Vous travaillez pour une grande société de gestion et de protection du risque. Quelle est la nature de la réflexion que les assureurs peuvent avoir sur ce type de sujet ?

Thierry van Santen : Il y a deux axes complètement différents. Le premier axe, c'est comment nous protégeons les données dans un cadre de *compliance*, notamment en matière de données médicales. On a créé des procédures, des pare-feu pour éviter le vol de ces données. L'autre aspect, c'est le cybercrime, puisque aujourd'hui le piratage est un véritable problème, avec la quantification matérielle et immatérielle d'un piratage. Mais là aussi il convient de faire une distinction. On l'a vu récemment à plusieurs occasions : un vol de données massif n'a pas toujours un impact dramatique. En revanche, en matière de cybercrime nous voyons aussi apparaître des sabotages ou des potentialités de sabotage. La complexité des systèmes ouvre la voie à toutes sortes de scénarios : sabotages d'appareils de production, d'organisation logistique, etc. On entre là dans des problématiques de cybersécurité compliquées. Donc, pour résumer, nos deux grandes priorités sont de protéger nos données et de travailler sur le cybercrime, tant en prévention qu'en offre de produit de couverture d'assurance pour nos grands clients.

Risques : Je vais faire une remarque et poser trois questions. Quand vous regardez la financiarisation, aujourd'hui il y a dix fois plus de produits dérivés que le PIB mondial. Il ne s'est rien passé depuis la « toute petite affaire » des subprimes. Personne ne prendra plus jamais le contrôle de la finance mondiale qui est une industrie en tant que telle. Sur ce plan-là, il y a une petite comparaison avec les sujets que vous évoquez. Ma première question : est-ce que la technologie peut être maîtrisée, puisque c'est elle qui est à l'origine ? Deuxième question : Il y a cinquante ans, IBM et Xerox tenaient le marché de l'informatique. Aujourd'hui, cinq acteurs semblent décider du sort du monde. La structure même de l'organisation économique mondiale n'est-elle pas indépassable, avec ce contrôle délirant du monde par quatre ou cinq entreprises ? Troisième question : l'idée qu'il y ait

plusieurs couches de structures qui mettent en péril la démocratie. Quels sont les contre-pouvoirs ?

Pierre-Olivier Sur : J'ai parlé des perquisitions. Elles sont nourries par les écoutes téléphoniques et les interceptions de toutes natures. Tout cela forme un bloc qui fracture le secret professionnel des avocats et donc la vie privée de tous. Peut-on y mettre des limites ? Techniquement, ce n'est pas à moi de répondre. Institutionnellement, j'ai essayé de dénoncer ces abus à de multiples reprises mais il semble ne pas y avoir de prise de conscience des citoyens. Nous sommes dans une société soumise au diktat de la transparence. C'est terrible. Bien sûr, si un avocat participe au crime, il n'est pas au-dessus de la loi, il faut qu'il soit poursuivi et condamné pour ce que j'appelle un acte détachable. Mais quand on est avant l'acte détachable, il n'est pas question qu'on puisse accepter qu'un avocat soit écouté ou perquisitionné, car c'est le secret de nos clients qui est en danger. Le problème est philosophique et sociétal. La fin ne peut pas justifier les moyens.

Philippe Aigrain : Le concept de transparence a été la réponse anglo-saxonne à la dénonciation de la post-démocratie. Il y a une différence entre Transparency International et Anticor, une organisation qui est plus active chez nous. Une des raisons pour lesquelles le mot « transparence » est partout en ce moment, c'est que la transparence est un concept plus flou que le droit à l'information – qui est dans la Déclaration des droits de l'homme.

Maintenant, peut-on maîtriser les technologies ? Si on pose le problème comme ça, la réponse sera non. Parce que les technologies, on les fait. Le numérique, c'est un objet politique depuis le début. Internet est né d'une bagarre politique d'une petite minorité qui s'opposait aux opérateurs de télécommunications dans le contexte américain, parce qu'ils trouvaient que ces opérateurs voulaient contrôler ce que les gens faisaient avec les réseaux ; alors qu'eux avaient une vision où ce sont les gens – en l'occurrence les scientifiques à l'époque – qui devaient avoir la capacité de contrôler les usages. Le problème, c'est que

les instruments de l'orientation du développement des technologies supposeraient, si on voulait que les politiques publiques et pas seulement des acteurs associatifs comme nous y jouent un rôle, une acceptation du politique de gérer deux choses auxquelles il refuse absolument de s'attaquer : les modèles commerciaux et les architectures des technologies. Toutes les évolutions fondamentales des technologies reposent sur des architectures, des protocoles. Or, à l'heure actuelle, que fait le politique ? Quand il crée la plateforme nationale des interceptions judiciaires, il crée une usine à gaz pensée pour protéger la légalité des procédures, mais il fait un partenariat public-privé avec Thalès et il centralise toutes les données correspondantes dans un silo souterrain.

Tant qu'on reste dans ces approches-là de l'orientation des technologies, les politiques publiques ne joueront pas leur rôle de maîtrise. Et qui jouera le rôle de maîtrise ? Ce sont les gens qui se réunissent au sein de Tor (8), Tails (9), qui font les outils de base avec lesquels on peut continuer à faire un travail ou simplement à s'exprimer en n'étant pas soi-même l'objet de la surveillance. A l'heure actuelle, il y a une grande inertie qui s'est accumulée dans les trajectoires technologiques sur deux points : la centralisation, mais aussi le fait que le modèle dominant est un modèle catastrophique économiquement et très difficile à modifier, c'est-à-dire celui de la monétisation de l'audience, qui a été historiquement le modèle de la télévision, et la télévision n'en est jamais sortie. Dans la commission parlementaire sur le numérique, il y a le président de l'association française pour la monétisation de l'audience. À partir du moment où de grands acteurs capturent une petite somme macro-économique mais très concentrée, on crée des groupes d'influence puissants qui travaillent pour un intérêt très particulier. Donc je suis pessimiste sur le rôle des politiques publiques mais je reste raisonnablement optimiste sur les capacités de réaction sociétale. J'ai été impressionné par le fait que, parmi les communautés qui ont réagi aux révélations de Snowden avec le plus de compréhension réelle des enjeux, il y a les écrivains – partout sauf en France à quelques exceptions près.

Jean-Marc Manach : Pour préciser, Tor et Tails – deux logiciels qui permettent de sécuriser les communications – sont utilisés par Snowden et par Greenwald. Ils sont très intéressants, parce que Tor et Tails font que l'ordinateur de Greenwald n'a pas été piraté. Cela fait plus d'un an que ni la CIA, ni la NSA, n'ont pu détruire les fichiers de Snowden. Cela montre que si on veut protéger ses données, c'est possible. Et Greenwald, ce n'est pas un hacker, ce n'est pas un informaticien, il n'y connaissait rien, et puis il a appris, donc tout le monde peut apprendre. Et j'en viens à une hypothèse que j'ai formulée il y a quelques années, celle du « quart d'heure d'anonymat », au sens où Warhol avait prédit que tout le monde aurait son quart d'heure de célébrité. La télé réalité et Internet permettent à des anonymes de devenir célèbres. Aujourd'hui, le problème, que ce soit par rapport à Google, Facebook, la NSA, etc., c'est d'arriver à avoir son quart d'heure d'anonymat. Si j'ai besoin de confier quelque chose de confidentiel à quelqu'un, jamais je ne le fais par téléphone, jamais je ne le fais par e-mail en clair. Tout simplement parce que cela laisse des traces. Si j'ai besoin d'une communication confidentielle, je m'en donne les moyens techniques, mais c'est à moi de le décider. Là où je suis assez optimiste sur le moyen terme, c'est que, grâce aux révélations de Snowden, il n'y a jamais eu autant de gens qui développent des logiciels, des systèmes pour arriver à avoir ces quarts d'heure d'anonymat, pour arriver à sécuriser leurs données. En France c'était catastrophique, jusqu'à il y a quelques années le simple mot « hacker » c'était un pirate informatique. Alors que non, ce sont les Snowden, ce sont les hackers qui font Tails, Tor, qui font qu'on peut se protéger et lutter contre la cybercriminalité. Bruce Schneier, un des professionnels de la sécurité les plus respectés et écoutés dans le monde, explique que l'objectif aujourd'hui, c'est de rendre la surveillance généralisée tellement chère que ça ne servira à rien. Et énormément de gens y contribuent. Je suis donc assez optimiste, à moyen terme.

Par contre, le problème c'est qu'il faut arrêter avec la notion de « Big Brother ». J'ai écrit un livre qui s'appelle *La vie privée, un problème de vieux cons* ?⁽¹⁰⁾,

où j'essayais d'expliquer que les petits cons d'aujourd'hui, les jeunes, bien sûr qu'ils veulent protéger leur vie privée, ils ne sont pas exhibitionnistes, mais ils mènent une vie publique. Ce qui n'empêche pas d'avoir une vie privée. Mais, par défaut, la vie est publique quand on est sur des espaces publics sur Internet. Donc ce n'est pas Big Brother, c'est plutôt Big Mother : la NSA vous surveille pour votre bien. Mais c'est surtout *Minority Report* ⁽¹¹⁾. Et là j'en viens aux voitures sans chauffeur, etc. Ce vers quoi on s'achemine, c'est une multiplication des Big Mother. Google nous surveille, c'est pour notre bien, la NSA aussi. Et, à terme, on va être de plus en plus confrontés à des systèmes informatiques distribués qui vont décider à notre place si on a le droit de faire quelque chose ou pas. On a aujourd'hui un quart des demandeurs d'asile à Calais qui se brûlent les doigts pour effacer leurs empreintes digitales, pour ne pas être renvoyés en Grèce ou en Italie, là où on les a pris. *Minority Report*, c'est maintenant. Demain, ce sera les chômeurs, après-demain les étrangers, etc. On voit aujourd'hui des gens qui sont arrêtés, qui doivent démontrer leur innocence, c'est exactement comme au *Procès de Kafka*.

L'objectif, à terme, c'est de faire de telle sorte que ce soit l'être humain qui reste au contrôle, qu'on contrôle les machines. Sinon ce sont elles qui vont nous contrôler. D'où aussi la référence aux logiciels libres, qu'il faut promouvoir ; il faut promouvoir la transparence du code, qu'on puisse vérifier ce qu'il y a à l'intérieur. La transparence ne me fait pas peur parce qu'elle rend confiant. Le principe de Kirchhoff, qui était un ingénieur français au XIX^e siècle, dit que pour avoir confiance dans un système de sécurité, il faut qu'on puisse connaître les mécanismes, les plans de son dispositif de sécurité, afin de vérifier qu'il n'y a pas de porte dérobée, qu'il n'y a pas de piège à l'intérieur. Ce qui n'empêche pas d'avoir la clé, et la clé c'est votre vie privée.

Antoine Lefébure : La confiance et la véritable transparence viendront des citoyens, des associations. Elles ne viendront évidemment pas des gouvernements, encore moins des services secrets, pas plus que

des grandes entreprises. Google et Facebook ont des ingénieurs qui s'occupent de la sécurisation contre les piratages, mais certainement pas contre le piratage d'État. Il faudrait arriver à déterminer le bon secret d'État du mauvais. À certains moments, le secret d'État se justifie, pas à d'autres. La clé, dans une démocratie, c'est de ne pas utiliser l'arme du secret pour dissimuler des pratiques injustifiables. Dans les grands contrats internationaux, il y a souvent des pots-de-vin que tous les États protègent par un secret absolu. C'est discutable mais justifié. Par contre, quand ce secret sert à cacher le financement des dirigeants au pouvoir, nous sommes dans la sphère du secret d'État ignoble. Au Danemark, ils ont un secret d'État, mais c'est extrêmement limité. Alors qu'en France, tout est secret, tout est transparent, tout se retrouve dans le journal, les conversations de Sarkozy comme les documents pris chez les avocats, etc.

Thierry van Santen : Je suis pour une fois assez pessimiste. Notre plus gros risque, c'est ce dont s'inspire le film *Minority Report*, à savoir l'intrusion dans la vie privée au travers de la connectivité permanente. Il faut savoir que demain, toutes les cartes d'identité seront basées sur l'iris. À chaque fois que vous entrerez dans un aéroport, ou tout autre lieu public, on saura vous localiser. Dès aujourd'hui, dès que vous payez avec votre carte de crédit, vous avez une alerte sur ce que vous avez dépensé et où. Il faudra s'habituer à vivre avec. Ma seconde inquiétude, c'est l'espionnage en général. Je pense qu'il a échappé petit à petit aux États. On est entré dans un circuit sur lequel on va avoir des guerres technologiques sans fin. Le troisième problème, c'est celui de gouvernance des États, la question de la transparence, de la fin et des moyens, etc. Je pense qu'en matière de gouvernance, les politiques ont encore leur mot à dire mais je crains qu'il y ait de moins en moins de volonté de leur part pour instaurer une véritable discipline, seule garante des libertés fondamentales.

Risques : Pour conclure, je vais ajouter deux petites doses d'optimisme. Comme j'ai essayé de le démontrer dans ce livre, qui s'appelle *Un monde de violences* ⁽¹²⁾, on entre dans une phase assez traditionnelle de

stagnation de l'économie mondiale. Évidemment cela crée des difficultés, et les sociétés qui ont une incapacité par exemple à fournir de l'emploi aux uns et aux autres, ont besoin de se surveiller. Cela ne va pas s'arrêter aujourd'hui. Si ce que nous décrivons est exact, c'est-à-dire une sorte de disparition ou d'affaiblissement de la démocratie, une incapacité de réguler des dispositifs de contrôle excessif, cela donne le sentiment d'une société qui utilise la technologie d'une manière assez peu progressiste. La contrepartie, c'est que c'est une société en progression – elle n'est pas progressiste mais elle est en progression. Et l'argument de la modernité technologique, l'intérêt de ces quatre-vingt entreprises (Google, Apple, etc.) n'est pas d'aller contre cela. Ils sont les acteurs du dispositif. L'histoire du grand crash de voitures m'a interrogé. Moi je préfère conduire ma voiture. Quel est l'intérêt de ne pas conduire une voiture ? Je préfère qu'on dise : on fait des transports collectifs. C'est plus sympathique. Tout cela est mis sous la rubrique de la modernité, ce qui n'est pas du tout la société des Lumières.

Notes

1. *Prism* est un programme américain de surveillance électronique par la collecte de renseignements à partir d'Internet et de fournisseurs de services électroniques.

2. NSA : National Security Agency.

3. *Fisa*, "Foreign Intelligence Surveillance Act" est une loi du Congrès des États-Unis de 1978. Elle décrit les procédures des surveillances physique et électronique, ainsi que la collecte d'information sur des puissances étrangères soit directement, soit par l'échange d'informations avec d'autres puissances étrangères.

4. DEA : Drug Enforcement Administration.

5. *GCHQ : Government Communications Headquarters, l'équivalent – et partenaire historique – britannique de la NSA.*
6. *IMSI catcher : système permettant de localiser un téléphone mobile dans un périmètre restreint autour de celui-ci. Il permet de récupérer l'IMSI (International Mobile Subscriber Identity) et l'IMEI (International Mobile Equipment Identity) du téléphone.*
7. *ISS : Intelligence Support Systems for lawful interception, electronic surveillance and cyber intelligence gathering : le plus gros salon de marchands d'armes de surveillance numérique, qui a lieu tous les trois mois un peu partout dans le monde. Les journalistes n'ont pas le droit d'y entrer. Seuls sont admis les agents des services de renseignement militaires ou policiers, les représentants des États et les marchands d'armes.*
8. *Tor, "The Onion Router", est un réseau informatique qui permet de se protéger de l'analyse de trafic.*
9. *Tails, "The Amnesic Incognito Live System", est un système d'exploitation spécialement conçu pour préserver la vie privée et l'anonymat de ceux qui l'utilisent.*
10. *Jean-Marc Manach, FYP Éditions, 2010.*
11. *Film de Steven Spielberg, 2002.*
12. *Jean-Hervé Lorenzi et Mickaël Berrebi, Eyrolles, 2014.*

FAUT-IL RÉINVENTER L'ASSURANCE POUR L'ADAPTER AUX BESOINS DE PROTECTION DES PAYS ÉMERGENTS ?

Risques a organisé le 3 juillet 2014 un débat sur les évolutions qui pourraient être nécessaires en matière d'assurance pour couvrir les besoins de protection des pays émergents. Étaient réunis pour évoquer ces enjeux : Arnaud Boudesseul, secrétaire général de MIIIR (Microinsurance International Institute Research), David Dror, président-directeur général de Micro Insurance Academy, Olivier Dubois, directeur de Gras Savoye International, William Hosack, directeur général de Singularity Prime, Anaar Kara et Sébastien Weber, respectivement directrice des partenariats et directeur commercial de PlaNet Guarantee.

Le débat était animé par François-Xavier Albouy, membre du Comité éditorial de Risques.

Risques : Les données récupérées par les nanosatellites lancés par Singularity Prime permettent de construire des indices qui peuvent intéresser les assureurs opérant dans les pays émergents. Pouvez-vous nous décrire votre activité et nous dire comment cela pourrait changer les fondamentaux de l'assurance ?

William Hosack : Le grand défi de l'assurance, de la réassurance et de la sécurité alimentaire réside dans la qualité des données. Les États-Unis dépensent 16,5 milliards de dollars pour analyser les données climatiques. De nombreuses régions ne sont pas encore desservies, car cela nécessite un changement dans la technologie des capteurs. Nous travaillons depuis dix ans sur la réduction de la taille des satellites, à partir de programmes qui étaient à l'origine gouvernementaux, financés par la Nasa, l'US Air Force et des entreprises publiques américaines, et qui ont permis depuis dix ans de miniaturiser considérablement les satellites. Nous travaillons maintenant sur un projet purement commercial, la construction d'un microsatellite qui capte les données climatiques, pour répondre à la demande du marché. Il s'agit de technologies extrêmement simples d'observation du climat, qui ne coûtent pas 600 millions de dollars mais plutôt 5 millions de dollars.

Notre satellite est un cube d'un demi-mètre de côté, qui pèse environ 30 kilos. Positionné sur des orbites basses, il embarque des capteurs qui sont dans le domaine de l'infrarouge, des micro-ondes et du spectre visible. Avec ce niveau de prix, il est particulièrement adapté aux pays tropicaux (Indonésie, Philippines, Afrique, mais aussi Pakistan, Inde...) et permet d'offrir des observations pertinentes en termes de sécurité alimentaire, de micro-assurance et d'observation des récoltes, avec un flux dense de données. En fait, on ne lance pas un seul satellite mais une flottille de nanosatellites. Sur la boucle Pakistan-Inde-Indonésie, huit à neuf nanosatellites vont être lancés, qui permettront d'observer le même endroit toutes les dix minutes. Ce qui est pertinent pour l'assurance agricole, puisque la phase de germination de la plante, qui dure deux semaines, ne peut aujourd'hui être observée que sur des périodes de vingt jours. Observer le cycle le plus rapide permet de comprendre la qualité de la récolte et ainsi de construire des produits d'assurance qui donnent la possibilité au producteur d'emprunter plus et d'adapter la qualité de ses semis à la nature du sol et à l'évolution du climat.

Nos systèmes permettent également de construire des modèles climatiques très précis d'observation par

exemple des ouragans ou des typhons. Et le grand nombre de données permet d'avoir des modèles météorologiques très fins. En fait, la seule limite aux applications de nos systèmes, c'est d'imaginer ce que vous en attendez. Puisqu'on peut à la fois observer des données de caractère climatique, mais aussi logistique, de surveillance des frontières ou des transports, etc. Les applications sont extrêmement riches et variées. Par exemple, on nous demande en Indonésie, où l'activité volcanique est très forte, des observations très courtes et rapprochées dans le temps, qui vont peut-être permettre de prévoir des éruptions. Plusieurs personnalités scientifiques sont intéressées par ces possibilités.

Notre système, avec dix satellites au-dessus d'une zone déterminée, par exemple la boucle Indonésie-Philippines-Pakistan-Inde, coûte entre 45 et 50 millions de dollars. Alors que si on lançait un seul satellite classique, cela coûterait entre 400 et 600 millions de dollars ; soit une échelle de prix dix fois moindre. Aujourd'hui, l'espace est économiquement accessible, y compris pour des régions pauvres et isolées. Les développements de nos systèmes et de nos logiciels seront évidemment importants dans l'avenir pour créer de l'activité dans ces régions pauvres, pour en observer les risques et les assurer, mais aussi pour créer des activités de communication ou autre.

Risques : C'est évidemment passionnant, mais en quoi ces données satellitaires sont-elles utiles pour l'assurance agricole ? Comment cette assurance fonctionne-t-elle dans des régions aussi difficiles en termes de climat que le Sahel, par exemple ?

Sébastien Weber : PlaNet Guarantee, en tant que courtier en microassurance du groupe PlaNet-Finance, met en oeuvre ce type de solution d'assurance récolte pour les clients de la micro-finance, mais aussi des membres de coopératives agricoles et, d'une manière plus générale, pour les petits producteurs d'Afrique de l'Ouest. Pourquoi sommes-nous partis sur une technologie satellite ? Du fait d'un contexte géographique spécifique où 80 % de la population vit en milieu rural de façon très dispersée géographiquement

et souvent très enclavée, donc loin des pôles urbains et avec les difficultés qui ont été décrites au niveau du recueil de données. Créer un produit d'assurance nécessiterait d'aller récolter des données sur l'ensemble de ces zones. Ce qui représente un coût et un temps d'action qui ne sont pas compatibles avec un produit d'assurance.

Ensuite, il y a l'aspect économique. On parle de producteurs d'exploitations familiales, donc de petites exploitations. Nous sommes, à PlaNet Guarantee, un peu en dessous de 2 hectares par producteur assuré, une unité économique trop petite pour mettre en place un schéma d'assurance classique. À partir de là, la technologie satellite nous a permis de multiplier les zones de couverture. Nous avons cette année près de 13 000 villages couverts au Mali, au Burkina Faso et au Bénin avec cette technologie, contre 200 ou 300 villages couverts avec des mécanismes liés aux stations météo ou au rendement moyen. Cela permet un élargissement de la zone de couverture à des coûts compatibles avec la micro-assurance. Il faut préciser que l'assurance indicielle, au-delà du type d'information utilisée, c'est aussi une assurance qui ne se base pas sur le risque individuel, mais plutôt sur un risque collectif subi par tous les producteurs d'une même zone géographique. Cela permet ainsi de mettre en place des produits qui évitent les questions d'aléa moral.

Pour expliquer les implications d'une telle technologie, il y a évidemment toute une part d'éducation du marché. Nous parlons de micro-assurance à des populations qui n'ont pas accès aux mécanismes d'assurance. Du point de vue de la protection du consommateur, mais aussi du point de vue commercial, il est nécessaire de faire maîtriser ce produit ainsi que la technologie satellite par les assurés. C'est ce qu'on appelle l'éducation du marché côté demande. Bien entendu, côté assureurs aussi, ces technologies et ce type de souscripteurs ne sont pas non plus maîtrisés. PlaNet Guarantee accompagne donc aussi les assureurs en amont du lancement de cette catégorie de produits. Enfin, le produit d'assurance devant être transparent, il doit l'être aussi pour le régulateur. Cela implique, au niveau des États dans lesquels ces

produits sont mis en place, de mettre les directions des assurances en situation de pouvoir les valider ; et, ensuite, de pouvoir contrôler que les sinistres déclarés correspondent bien à la réalité de la police souscrite.

Pour finir, quand on parle d'assurance indicielle et notamment de technologie satellite, une des grandes questions est celle du risque de base, qui consiste en la différence entre ce que l'indice – l'information satellite – donne et la situation vécue par la personne assurée sur le terrain. Donc l'objectif est bien sûr d'utiliser la technologie afin de diminuer au maximum ce risque de base, et d'avoir une information qui corresponde complètement à la situation vécue par les producteurs. Ce qui, après trois années d'exploitation par PlaNet Guarantee, est aujourd'hui acquis en Afrique de l'Ouest avec un risque de base sur les produits sécheresse bien maîtrisé par le projet. Avec des nanosatellites passant toutes les deux à trois heures au-dessus de la zone assurée, on pourrait a priori réduire encore ce risque de base.

Risques : Dans un contexte assez différent, celui des mutuelles de santé, comment faut-il changer l'assurance pour l'adapter aux populations vulnérables ?

David Dror : Assurer les populations à faibles revenus repose sur plusieurs composantes. Premier point, peu importe ce que nous pensons que le prix équitable actuariel devrait être, les acheteurs ont leur propre vision de la notion de prix. Et cette notion n'est pas forcément la même que celle des actuaires ou des assureurs. Le problème majeur du prix, c'est qu'il soit si peu transparent. En fait, même des gens éduqués sont incapables de déchiffrer les primes. Ce qui se traduit en bas de la pyramide, par un manque de confiance des personnes assurables dans le système. Alors, c'est ce que le groupe de référence considère comme le prix correct, adéquat et acceptable, qui devient abordable ; celui qu'ils acceptent de payer pour ce service.

Deuxième point, c'est que les gens, au bas de la pyramide, ne s'intéressent pas à la notion de gestion de risques abstraits. Ils veulent quelque chose de

pertinent dans leur contexte. Et leur contexte, lui, est micro, communautaire. Dans le même village, il peut y avoir des gens exposés à des risques différents, du fait qu'ils ont un autre morceau de terrain, qu'ils sont dans une condition différente de santé, d'hygiène, de taille de famille, de réussite économique, d'éducation, etc. Les assureurs, cherchent eux à faire simple ; c'est-à-dire, pour eux, « *one price fits all, one product fits all* ». Mais cette idée de « *one price fits all* », plus facile à gérer pour un système assurantiel, est complètement inutile quand on parle à des gens qui voient le monde à travers les lunettes de leur réalité, de leur village. Et il y a encore beaucoup de gens qui n'ont jamais vu Internet, qui n'ont pas l'électricité, qui ont vécu toute leur vie sur le même morceau de terrain de moins d'un huitième d'hectare. Pour eux, le monde est très petit, et il bouge très lentement. Et ce secteur informel est composé aujourd'hui d'environ 2 ou 3 milliards de personnes et cela ne va pas aller en diminuant, bien au contraire. Selon la Banque mondiale, son chiffre augmente parce que dans le secteur informel, on ne paie pas d'impôts, on est bénéficiaire de toutes sortes de programmes faits pour le bas de la pyramide, et c'est plus intéressant que d'être dans le secteur formel.

Troisième point, les gens ne paient jamais pour quelque chose qu'ils ne perçoivent pas comme prioritaire, et leurs priorités ne sont pas forcément celles des professionnels. Quatrième point, il faut comprendre le processus de l'assurance, être conscient qu'il est équitable et que les règles énoncées seront appliquées, qu'il n'y aura pas de conflits d'intérêt. Or les relations de pouvoir entre un assureur et un assuré sont plutôt en faveur de l'assureur. Les gens au bas de la pyramide seraient prêts à payer pour leurs propres risques, mais nettement moins pour payer la commission de l'intermédiaire, et encore moins prêts à payer pour le profit de l'assureur qu'ils perçoivent comme riche par rapport à eux. Donc une partie de la question d'un processus auquel on peut faire confiance, c'est aussi de dire que le processus doit être basé sur le partage du profit plutôt que sur le profit pour l'assureur. Le cinquième problème : tout doit être fait localement. Le système est ainsi administra-

tivement cher, compliqué. On ne peut pas toujours tout faire dans la langue locale parce qu'il y a énormément de dialectes et de langues. Il faut être extrêmement simple et local. La proximité joue un rôle prépondérant. Si les assureurs veulent être présents, avoir une pénétration de marché au niveau des villages, il faut être là tout le temps. Et cette proximité nécessite aussi un dialogue simple, compréhensible. Donc proximité et simplicité sont un défi supplémentaire.

Pour terminer, sixième composante. Dans le secteur informel, les gens ne voient pas l'utilité dans les mêmes termes que l'Occident les voit et les a expliqués au niveau théorique. L'utilité, c'est toujours une activité collective, jamais individuelle. Et dans les conflits entre les intérêts individuels et les intérêts collectifs, c'est le collectif qui prime. C'est simple : personne ne peut se permettre de se couper de sa communauté, parce qu'on ne peut pas vivre tout seul dans le secteur informel, dans le secteur rural. C'est impossible. Donc on accepte beaucoup de compromis, basés sur la réciprocité. Ce qui est très différent de l'explication à la fois théorique et aussi de la pratique commerciale du secteur de l'assurance occidentale, qui a été adaptée dans les pays en voie de développement d'une manière semblable à la manière occidentale, et qui ne prend pas en compte le fait prépondérant de la communauté, garante de la création de richesse ou de bien-être.

Ces six points doivent être résolus de manière simultanée. C'est compliqué à faire car cela doit toujours être fait avec les gens, pour les gens, pas à la place des gens. En résumé, dans le secteur informel, il y a deux sources de revenus. La première source est créée par l'État, à l'aide de programmes, de mécanismes de subvention pour les pauvres. Ces programmes ne sont pas viables parce qu'aucun État ne peut payer pour tout le monde, à jamais. L'autre source, qui dans beaucoup de pays est devenue centrale, est l'accès au crédit, qui en fait est souvent un système d'endettement, comme la micro-finance. La micro-assurance – introduite principalement pour sécuriser des prêts – n'a pas rendu service au secteur de l'assurance, parce qu'elle a créé l'idée que celui qui paie la prime ne sera pas celui

qui va toucher la prestation. La prestation était très souvent utilisée pour garantir le prêt. Ça a été fait avec Credit Life en Afrique, c'est fait avec quasiment toute l'assurance agricole en Inde et dans d'autres pays. En fait, les paysans voient l'assurance comme un coût supplémentaire pour le crédit. Le message, qui est ainsi véhiculé à tort est « Si on ne prend pas un crédit chaque année, on n'a pas besoin de s'assurer, car ça ne rapporte rien, sauf au prêteur, pas à la personne qui s'endette ».

Si ces deux vecteurs, c'est-à-dire le prêt et la subvention, ne marchent pas, il ne reste qu'un modèle qui puisse fonctionner, c'est le modèle qui crée des biens collectifs, le *pooling*, où chacun met un peu du sien, qui est peut-être insignifiant au niveau individuel mais assez important collectivement. C'est le modèle mutualiste classique. C'est ce que nous faisons en Inde, au Népal, au Cambodge, en Tanzanie, au Cameroun et ailleurs. C'est un effort considérable, ça ne va pas vite, mais cela donne des résultats.

Risques : Peut-on évoquer les évolutions des formes sociales d'assurance santé qui se sont fait jour depuis une trentaine d'années ? Je veux parler de ces fameux modèles qui ne sont ni de la Sécurité sociale, ni de l'assurance privée, et qui souvent émanent des mutuelles.

Anaar Kara : PlaNet Guarantee travaille beaucoup sur des modèles de concurrence régulée. Il s'agit de définir un panier de soins et de créer une concurrence sur la base de la qualité des services et du prix des prestations. Nous nous sommes beaucoup inspirés du modèle RSBY ⁽¹⁾ en Inde qui est un partenariat public-privé, où l'État définit le panier de soins et lance des appels d'offre auprès des assureurs privés et des mutuelles qui s'occupent de la distribution et de la gestion. Nous souhaiterions appliquer ce modèle en Afrique de l'Ouest. Ce sont des modèles qui s'appuient beaucoup sur les nouvelles technologies. En Inde, par exemple, toute la population couverte est équipée de *smart cards*. Les centres de santé et les hôpitaux ont des lecteurs biométriques. Cela réduit massivement la fraude et aide à identifier les bénéfici-

ciaires. On utilise également la technologie mobile pour distribuer ces produits. Et on est en contact avec des laboratoires d'analyses médicales et des équipementiers qui répondent aux conditions de pays émergents. On peut aussi travailler sur la prévention des maladies. Il y a toute une utilisation des nouvelles technologies qui peut nous aider à mettre en place des systèmes qui peuvent être complémentaires avec des mutuelles de santé et favoriser l'accès à la santé. C'est cette introduction des technologies et des services qui permet de réinventer l'assurance et qui crée les conditions de rentabilité pour la diffuser auprès de populations vulnérables.

Risques : PlaNet Garantie est à l'origine, en France, d'un projet visant à utiliser le big data pour mieux comprendre le comportement face au risque des populations vulnérables. Cela ressemble beaucoup à ce que Miiir a fait.

Arnaud Boudesseul : Notre programme, Protego, initié en France, est une démarche d'éco-assurance et non de « micro-assurance », parce que la démarche de micro-assurance en France ne marche pas. L'une des raisons en est que ce terme correspond souvent dans l'esprit des gens à des garanties de mauvaise qualité, en tout cas à des choses qu'ils ne sont pas prêts à acheter et qu'ils ne comprennent pas. La notion d'éco-assurance est simple : c'est d'arriver à organiser un écosystème d'acteurs référents : des acteurs sociaux, politiques, économiques et aussi des acteurs universitaires, qui nous apportent, au travers de conventions de partenariat, des outils adaptés à notre cible – les personnes fragiles – de manière à créer une plateforme technologique, unitaire et apte à croiser des données pseudonymisées de manière très sécurisée. Je rappelle qu'en France la précarité augmente régulièrement. Plus de 50 % des ménages français (soit 15 millions de personnes) vivent avec moins de 1 600 euros de revenus par mois. Cela fait donc un certain nombre de personnes qui ne peuvent plus s'assurer, qui ne sont plus en mesure de payer leur complémentaire santé quand ils ne sont plus salariés. C'est un vrai marché.

David Dror parlait de 2 à 3 milliards de personnes

dans le domaine informel. En France nous sommes à 15 millions, et finalement l'accès à ces personnes, qu'elles soient françaises ou étrangères, repose sur des systèmes de confiance qui peuvent être identiques. Cette plateforme sécurisée et cloisonnée est donc construite dans une logique de coût ciblé, c'est-à-dire que pour pallier la lourdeur des schémas classiques d'assurance (développement informatique coûteux, modèles actuariels...) et la difficulté à les faire évoluer, nous considérons déterminant de créer une chaîne de valeur nouvelle qui intègre l'informatique comme cœur du système. En cela, la logique de coût ciblé est importante pour nous. Notre but est, demain, de proposer de nouvelles couvertures sociales d'assurance avec une dynamique de temps différente (la moyenne d'un contrat est de quatorze ans pour un assureur), adaptées aux besoins et moins coûteuses.

Le prix d'accès à l'assurance est aujourd'hui excessivement élevé et évolue tous les ans. Le tarif est donc aujourd'hui un vrai critère. De plus, cette plateforme a vocation à démontrer la faisabilité par l'exploitation des données numériques hétérogènes disponibles. En France, nous avons la chance d'avoir l'*open data*, qui sont des données publiques accessibles. Nous avons l'Insee et d'autres organismes qui sont accessibles et peuvent participer à des projets et autoriser l'accès à des données. L'idée, c'est d'arriver à mutualiser des bases de données accessibles, tout en respectant la confidentialité et la propriété des contenus, de manière à identifier de nouveaux groupes de population par segmentation. D'où la notion de big data. Les enjeux sont très simples : créer une approche innovante dans la mutualisation du risque ; faire une gestion adaptative des produits d'assurance par des éléments prédictifs et d'analyse des données ; et enfin démontrer la faisabilité d'un modèle économique et actuariel en rupture pour la protection sociale, donc baisse des coûts, identification et anticipation des nouveaux besoins, et amélioration de la transparence et de la facilité d'accès sont des éléments très importants.

Risques : Qu'évoquent, pour Gras Savoye, courtier très présent dans les pays émergents depuis longtemps, ces innovations qui changent le paysage classique de

l'assurance pour s'adapter ou aller au plus près de populations isolées ou vulnérables ?

Olivier Dubois : « Réinventer l'assurance dans les pays émergents ». Pour Gras Savoye International, il faut déjà l'inventer pour répondre aux besoins de populations et d'entreprises qui n'ont ni le même rythme de croissance, ni le même modèle de développement que celles des pays d'Europe ou d'Amérique du Nord. Un rapport récent de Swiss Re ⁽²⁾ indique que 80 % des risques ne sont pas assurés aujourd'hui, d'où un grand potentiel de développement. Ensuite il faut « adapter ». En fait, dans les pays où nous évoluons – Afrique, Moyen-Orient, Europe de l'Est, Asie – l'assurance croît deux fois plus vite que l'économie réelle. Certes, on part de taux de pénétration qui sont très faibles (2,5 - 3 % voire moins) mais cela croît très vite, actuellement deux fois plus vite en assurance de personnes qu'en assurance IARD.

Dans plusieurs pays où Gras Savoye International est présent aujourd'hui, nos activités assurance de personnes croissent de 15 à 20 % par an. Notre cœur de métier, c'est la couverture des assurances de personnes pour les salariés de nos clients, entreprises de toutes tailles, locales, régionales ou internationales. David Dror évoque l'existence d'un modèle de couverture maladie universelle. Nous sommes effectivement régulièrement interrogés par les Administrations de pays émergents, à la recherche d'éventuels dispositifs de couverture maladie universelle, qui souhaitent un accompagnement externe dans l'étude ou la mise en place de ce dispositif. Leurs dirigeants se préoccupent du sort de leurs populations futures, cherchent des fonds et des experts. Pour ma part, je ne crois pas du tout à la pérennité de tels systèmes. Les conditions de création et de financement d'un système public de remboursement de soins et prestations ne sont pas réunies dans ces pays ; en aucun cas il ne peut s'agir de projets à court terme. Il faut avoir le courage de passer l'effet d'annonce. Ainsi, réfléchir dès le départ à la pérennité du financement et de l'offre de soins sonne souvent le glas de telles initiatives. Par ailleurs, nous nous rendons compte, à l'expérience, que c'est

généralement le secteur privé qui pilote la mise en place de nouveaux produits ou dispositifs de couverture.

Et, en arrière-plan, le vrai challenge pour nous qui nous développons beaucoup dans ces pays émergents, c'est de trouver le moyen de les rendre accessibles à leurs populations les plus vulnérables – rendre à ces pays et leurs populations ce qu'ils nous ont apporté, est-ce entrer dans une logique de RSE ? Comment aider à appliquer ce qui se fait dans le secteur formel au secteur informel ? Des zones urbaines vers les zones rurales ? Clairement, aujourd'hui, nous sommes incapables de le faire. La clé du succès repose sans doute sur les partenariats. Nous réfléchissons avec Planète Finance, ou PlaNet Guarantee, sur les moyens de toucher plus largement les populations, et comment, au-delà d'un effet de mode ou de communication, rendre des projets viables sur le long terme.

Le premier sujet demeure l'accès aux soins et les modalités de financement de tout dispositif de santé : qui paie la prestation au bénéfice de qui ? Nous avons à ce titre des réflexions avancées sur les besoins des diasporas. Comment un Malien en France – qui pour envoyer 500 euros par mois doit verser 10 % à Western Union – peut ouvrir un compte bancaire et permettre que sa famille bénéficie d'une couverture santé durable. Ce sont de vrais sujets pour nous. En fait, aujourd'hui, sans délaissier les 90 % de l'activité de Gras Savoye International sur le secteur des entreprises, c'est réellement sur le secteur des particuliers que nous souhaitons concentrer nos efforts. En Afrique, la population va doubler d'ici à vingt ans, la classe moyenne va être multipliée par cinq et l'urbanisation ne va cesser de croître, faisant apparaître des concentrations urbaines que nous ne connaissons pas encore. Nous ne pouvons ignorer ces phénomènes. Avec les diasporas, ces populations expatriées ou émigrées économiques de conditions et statuts divers, pour lesquelles nous devons être capables de trouver des solutions de couvertures transnationales, viennent immédiatement les réflexions autour des *mass market*, ou marchés de particuliers, qui au travers de différents canaux d'achat souhaitent de plus en plus accéder à des produits d'assurances conventionnels.

Le phénomène nouveau, c'est la métamorphose de la zone rurale, avec une nouvelle donne : le digital. Nous sommes entrés dans l'ère de l'Africa 2.0, où l'accès à la 3G/4G va permettre – grâce aux smartphones – la gestion de flux d'information et de flux de financement. Ce mouvement va rapidement modifier les conditions de l'accès aux soins. En zone urbaine, on connaît déjà le tiers payant généralisé et tous les processus modernes de contrôle de qualité des soins. C'est évidemment un tout autre défi en zone rurale, et cela concerne 1 milliard ou 1,5 milliard d'habitants, que ce soit en Afrique, en Amérique latine ou en Asie. L'enjeu est ici de faire émerger des centres de soins, des dispensaires, de décliner une expertise dans leur gestion, et de trouver des sources de financement. Mais il faut aussi être capable d'inciter les médecins et les infirmières formés en ville à repartir à la campagne. D'autres offres viennent à l'esprit, comme la réflexion menée autour d'un produit de micro-assurance contre le paludisme, première cause de mortalité en Afrique, par exemple, pour tous les abonnés de téléphones portables qui sont des centaines de milliers. Ne pourrait-on pas coupler une offre assurance malaria pour les détenteurs d'abonnements téléphoniques ? Comment peut-on accompagner l'opérateur téléphonique dans la transformation d'un utilisateur en prépayé (encore largement majoritaire) en utilisateur abonné ?

Le dénominateur à toutes ces démarches est évidemment la pérennité. S'il est aisé de mettre en place quelque chose en *one shot*, c'est plus compliqué d'enregistrer un succès sur du long terme ; cela demande de la discipline et une capacité d'adaptation à des environnements évolutifs. Aujourd'hui, nous sommes tournés sur le court terme, le rendement immédiat, etc. et on met un peu de côté ces projets-là en restant concentrés sur ce qui génère du retour sur investissement immédiat ; c'est généralement le cas des projets, du secteur formel, et des zones urbaines.

Un mot enfin sur les assurances Takaful ⁽³⁾ que souhaitent pouvoir trouver certaines populations musulmanes. Nous observons la formalisation d'une offre d'assurance Takaful en Afrique anglophone –

Tanzanie, Mozambique, Égypte, Soudan. Il faut être capable d'accompagner cette démarche. Nous nous y employons dès à présent.

David Dror : Je voudrais revenir sur quelques points. Tout d'abord, sur l'idée de diaspora. Il y a peut-être dix ans, j'ai essayé de monter une assurance maladie payable par les Turcs en Allemagne, dont les bénéficiaires auraient été leurs familles, dans les villages en Turquie. Cette affaire n'a jamais pu fonctionner pour la simple raison que la distribution, le contrôle de la prestation aux villages n'ont pas pu être résolus. Les personnes d'origine turque en Allemagne étaient prêtes à payer des sommes conséquentes, parce que, pour eux, payer 100 euros n'était pas impossible et qu'avec cette somme, on aurait pu faire une assurance très intéressante au niveau de la campagne en Turquie ou dans d'autres pays. Mais l'organisation était extrêmement coûteuse et difficile sur plusieurs plans. Avec la diaspora, la question est de savoir comment on peut effectivement lier les particuliers avec les particuliers bénéficiaires. La difficulté, c'est « *the one to one* ». Une idée plus intéressante et prometteuse, et qui n'a pas échoué, c'est une manière de faire du « *many to many* », donc des groupes qui couvrent d'autres groupes, sans que cela descende au niveau individuel.

En matière d'assurance agricole, nous avons besoin de passer d'une mesure journalière à une mesure en continu, comme c'est le cas pour la pluie. Si nos satellites permettent d'avoir une résolution de données plus fine et précise, je pense que cela changera complètement la pertinence de l'assurance agricole. Aujourd'hui, l'assurance vie et l'assurance santé priment dans beaucoup de discussions, mais je pense que l'avenir appartient à l'assurance agricole. C'est absolument fondamental, et c'est un domaine dans lequel la présence assurancielle est encore plus faible qu'en santé et en vie en matière d'assurance volontaire.

William Hosack : Deux éléments pour conclure. Le premier, comment faire des paniers de différents types de couverture et y associer des services. Le deuxième, comment arriver à tirer profit d'une

situation où il n'y a pas une graine et plusieurs concepts qui se greffent autour, mais où l'interconnexion de nombreux concepts constitue le marché lui-même. Prenons Google par exemple. En fait, Google a des mesures plus précises que n'importe qui d'autre sur la planète sur les comportements individuels. Si vous voulez regarder l'assurabilité d'une personne donnée, il suffit de regarder ses connexions mobile. Aujourd'hui, c'est utilisé de manière très évidente par tous les départements de recrutement et de ressources humaines, particulièrement lorsqu'ils veulent recruter des cadres de haut niveau, et qu'ils veulent regarder leur historique de consultations mobile.

Le défi, aujourd'hui, c'est justement de renverser ce flux d'informations, et de renvoyer toute cette information vers les populations, notamment les populations rurales pour qu'elles aient une meilleure compréhension et maîtrise de leur environnement et de leur destin. Cela peut aller de services médicaux qui permettent de localiser de l'offre de soins quand c'est nécessaire, jusqu'à des modes de consommation par voucher ou par prépayé qui permettent de payer des services de check-up de manière régulière par l'abonnement téléphonique. En fait, le pouvoir économique et le pouvoir tout court résident bien évidemment dans les données. On a dit souvent que ce pouvoir était dans les biens immobiliers, puis dans

le négoce, puis dans la finance. Il est aujourd'hui admis qu'il est dans les données. Les *business models* qui marcheront à l'avenir sont ceux qui sont tournés vers ces communautés rurales et celles qui sont capables de mieux comprendre leur environnement grâce aux données.

Risques : Pour conclure, si on croise ces deux informations : 80 % des risques ne sont pas assurés et 60 % des personnes ne sont pas assurées dans le monde, on se rend compte qu'on est très en retard par rapport au téléphone mobile utilisé par 90 % de la population mondiale et qui n'existe que depuis trente ans seulement, alors que l'assurance existe depuis 300 ans ! On a donc devant nous un travail qui est passionnant et immense !

Notes

1. RSBY : *Rashtriya Swasthya Bima Yojana* ou programme national d'assurance santé.
2. *Rapport Sigma* Urbanisation in Emerging Markets, 2013-5.
3. Concept islamique d'assurance, basé sur les normes et règles de la Charia.

Actualité de la Fondation du risque

VIVRE PLUS IMPLIQUE-T-IL DE TRAVAILLER PLUS? (1)

Hippolyte d'Albis (2)

*Membre des chaires « Transitions démographiques, transitions économiques »
et « Les particuliers face au risque ».*

Alors que la réforme des systèmes de retraite est au cœur des débats politiques, l'étude d'Hippolyte d'Albis se penche sur les facteurs qui influencent l'âge de départ à la retraite. Comment un individu prend-il sa décision ? Sur quels éléments se base-t-il ? Une meilleure espérance de vie entraîne-t-elle nécessairement un recul de l'âge de la retraite ? La réponse est complexe et croise les analyses démographique et économique.

Le recul de l'âge de la retraite est souvent présenté comme inéluctable. « Nous vivons plus longtemps, en conséquence, nous devons travailler plus longtemps ». L'histoire contemporaine est pourtant en contradiction avec cette vision.

Ainsi, au cours du XX^e siècle, l'âge de départ à la retraite a baissé dans les pays développés tandis que l'espérance de vie a augmenté. Aux États-Unis, par exemple, l'espérance de vie à la naissance pour un garçon était de 50 ans en 1900. Elle est montée à

70 ans au milieu du siècle, avant d'atteindre les 80 ans dans les années 1990. En parallèle, le taux d'activité des hommes de 65 ans et plus n'a cessé de diminuer, passant de 60 % en 1900, à 20 % en 1990. Une situation qui peut sembler contradictoire.

L'étude menée par Hippolyte d'Albis et ses co-auteurs tente d'expliquer ce paradoxe. Les chercheurs s'intéressent aux liens entre longévité et âge de départ à la retraite, et se penchent plus généralement sur les différents motifs qui influencent cette décision. Pourquoi un individu choisit-il d'arrêter son activité professionnelle ? Sur quels facteurs appuie-t-il sa

décision ? Les auteurs identifient trois éléments principaux :

- le système public de retraite en vigueur, avec l'ensemble de ses incitations et pénalités ;
- le niveau de richesse ;
- et l'espérance de vie.

Dans un premier temps, ils ont élaboré un modèle permettant d'évaluer de façon théorique l'importance relative de ces trois facteurs sur l'âge de départ en retraite. Ils poursuivent actuellement leur étude par des tests empiriques sur des données américaines. En effet, le système américain se prête mieux à l'analyse. Il est plus simple que son homologue français et comporte moins de régimes spécifiques.

Baisse de mortalité : un impact qui varie selon les âges

Le premier critère évalué est celui de la longévité. D'un point de vue théorique, l'effet d'un allongement de la durée de vie est double. D'une part, l'horizon de consommation est prolongé. L'individu est donc incité à réduire ses dépenses à chaque âge, et à travailler plus longtemps pour compenser l'allongement de sa durée de vie. Il s'agit d'un effet de planification, qui a un impact plutôt dépressif sur la consommation. D'autre part, vivant plus vieux, chaque individu va bénéficier plus longtemps de ses revenus. De ce fait, il y a également un effet positif sur la richesse. L'objectif de la recherche est de déterminer quel effet domine.

Il en ressort que l'impact varie selon l'âge qui bénéficie d'une baisse de mortalité. Si la probabilité de survie s'améliore à un âge jeune, l'effet revenu l'emporte. Elle crée un effet de richesse car l'allongement de la durée de vie concerne la période active. Au contraire, si la survie s'améliore après l'âge de la

retraite, elle n'impacte pas le niveau de revenu. Les individus sont donc incités à allonger leur vie professionnelle afin de financer une retraite plus longue. L'effet planification prévaut.

Entre économie et démographie

Par cette démonstration, l'article fait le lien entre évolution économique et transition épidémiologique, dite aussi transition sanitaire (3). Le début de la transition est essentiellement marqué par la baisse de la mortalité infantile ; tandis qu'au fil des années, les gains d'espérance de vie s'obtiennent sur les populations adultes, puis âgées.

L'âge de départ à la retraite aura donc tendance à avancer en début de transition sanitaire, puis à reculer. Or, au cours du XX^e siècle, la baisse de mortalité a touché les populations jeunes comme les plus âgées. Aussi, selon les chercheurs, les effets planification et revenu se sont annulés. Une hypothèse qui se vérifie sur les données américaines. Le seul facteur de hausse de l'espérance de vie n'a qu'un très faible impact sur le moment du départ en retraite.

Méthodologie

L'étude présentée s'appuie sur la théorie du cycle de vie. L'individu effectue ses choix de façon rationnelle. Il décide de partir à la retraite en fonction d'un arbitrage entre consommation et épargne. Les chercheurs ont, dans un premier temps, élaboré un modèle représentant ce comportement. Ils ont ensuite testé sa robustesse en se basant sur des données américaines. Résultat : 90 % des prévisions du modèle concordent avec les données réelles, et la moyenne des prévisions est proche des données observées. Le modèle a enfin pu être utilisé pour effectuer des projections et tester la sensibilité de certains facteurs sur l'âge des départs en retraite.

Moins de pénalité, plus de croissance

Le facteur longévité étant « sans effet », les chercheurs se sont ensuite penchés sur l'influence du système public de retraite. En utilisant leur modèle sur les données américaines, ils ont effectué une projection des départs en retraite avec un système inchangé depuis 1935. Autrement dit, le régime pris en considération ne comporte aucune pénalité ni incitation liée à la durée de la vie active. Le résultat est plutôt surprenant puisque l'âge de départ à la retraite n'évolue quasiment pas. Les systèmes de bonus/malus, mis en place par les États pour encourager les actifs à travailler plus longtemps, seraient donc inefficaces... Toutefois, les conclusions de l'étude ne concernent pas la soutenabilité du régime. Si les pénalités influencent peu les décisions des travailleurs, elles sont utiles d'un point de vue économique.

Recommandations

Il est nécessaire d'aborder la problématique de la retraite, via une vision interdisciplinaire.

Structures démographiques et économiques sont étroitement liées, même si les modifications démographiques n'impliquent pas toujours une évolution économique linéaire.

Il serait intéressant de mener une étude similaire avec des données françaises.

Enfin, l'analyse porte sur la corrélation entre retraite et croissance. Elle a notamment étudié les conséquences d'une croissance nulle, donc d'une stagnation des revenus. Cette hypothèse a été intégrée au modèle. L'étude montre alors un recul de l'âge du départ à la retraite. En période de ralentissement

économique, les individus travaillent plus longtemps afin de compenser leur perte de revenu. Des conclusions qui laissent présager un allongement de la période d'activité.

La hausse de l'espérance de vie a peu d'impact sur le moment du départ en retraite.

À retenir

L'impact de la baisse de la mortalité sur l'âge de la retraite varie au cours de la transition épidémiologique.

La réduction de la période active constatée au cours du XX^e siècle est cohérente. Elle ne résulte pas d'un système de retraite inefficace.

Le niveau de croissance a un impact très fort sur l'âge de la retraite. Une période de prospérité économique permet d'avancer les départs en retraite. Une récession, au contraire, conduit à prolonger la période d'activité.

Notes

1. D'après un entretien avec Hippolyte d'Albis et l'article d'Albis et al. [2010].

2. Hippolyte d'Albis est professeur de sciences économiques à l'université Paris 1 et à l'École d'économie de Paris. Il est également membre de l'Institut universitaire de France.

3. Période de baisse de la mortalité qui accompagne la transition démographique. Elle s'accompagne d'une amélioration de l'hygiène, de l'alimentation et de l'organisation des services de santé et d'une transformation des causes de décès. Source Ined.

Bibliographie

BLOOM D. E. ; CANNING D. ; MANSFIELD R. K.,
MOORE M., “Demographic Change, Social Security
Systems, and Savings”, *Journal of Monetary Economics*,
vol. 54 (1), 2007, pp. 92-114.

COSTA D. L., “The Evolution of Retirement”, University
of Chicago Press, Chicago, 1998.

D’ALBIS H. ; LAU S.-H. P. ; SÁNCHEZ-ROMERO M.,
“Mortality transition and differential incentives for early
retirement”, *Journal of Economic Theory*, vol. 147 (1),
2012, pp. 261–283.

GRUBER J. ; WISE D. A., “Social security and retirement:
An international comparison”, *The American Economic
Review: Papers and Proceedings*, vol. 88 (2), 1998,
pp. 158-163.

Livres

■ **Jean-Hervé Lorenzi et Mickaël Berrebi**

*Un monde de violences.
L'économie mondiale 2015-2020*

Eyrolles, juillet 2014, 232 pages

Un titre qui n'évoque rien d'agréable mais promet de voir l'avenir en face : dans *Un monde de violences – l'économie mondiale 2015-2030*, Jean-Hervé Lorenzi et Mickaël Berrebi montrent qu'un diagnostic lucide des problèmes du monde contemporain permet de « transformer des difficultés de fait en opportunités de croissance », c'est-à-dire en promesses d'avenir. Comment ? Six chapitres diagnostiquent par une méthode invariable : synthèse de l'histoire et des théories explicatives, production de données originales, qualification des scénarios et de leurs risques potentiels. En tant que tel, l'ouvrage offre six mises au point remarquables : illustrations.

Le premier chapitre fait l'état des controverses sur le tarissement du progrès technique : il semble désespéré d'évaluer de manière fiable le potentiel de changement des modes de vie en les comparant aux révolutions industrielles précédentes. Les auteurs nous donnent pourtant des ordres de grandeur de l'espérance qu'on peut former quant

aux progrès de la productivité globale. Ils nous invitent aussi à la prudence : on ne doit pas fonder les politiques économiques sur l'anticipation d'un niveau de progrès technique, nécessairement incertain. Ce faisant, on refuse les solutions messianiques des keynésiens multiplicateurs de dépenses courantes, des néo-keynésiens multiplicateurs d'infrastructures et des post-keynésiens multiplicateurs de croissance endogène.

A défaut d'une solution miraculeuse, les auteurs allient :

- l'expertise sur la question du vieillissement, où ils bénéficient des travaux de la chaire « transitions démographiques, transitions économiques ». Les auteurs évaluent ainsi les conséquences du vieillissement en termes de coûts, d'aversion pour le risque et d'amenuisement de l'innovation, tout en montrant que les mesures sont encore trop mousses pour désigner les leviers d'action que nous pourrions saisir. On compte sur la chaire et ses contributeurs pour continuer d'affiner les scénarios ;
- la nuance, en affrontant la complexité de la relation entre inégalités et croissance : la croissance des années 2000 a entraîné l'élargissement des inégalités dans les pays développés à cause du progrès technique « biaisé » mais la crise n'a pas contredit cette tendance, au contraire de ce qu'on observe chez

les émergents et de ce qu'on a connu dans les années 1970. Au lieu d'un déterminisme univoque et simpliste, les auteurs invitent à penser l'inscription cyclique de cette relation. Un temps de pause, pour constater que les auteurs réussissent à remettre l'ouvrage de Thomas Piketty en perspective : bien que celui-ci fasse preuve d'une inscription historique et théorique exemplaire, Lorenzi et Berrebi s'intéressent à la manière dont les inégalités s'articulent avec les choix d'un modèle de croissance défini par un système technique, une orientation de la demande (vers les seniors), et les conditions de rentabilité de l'investissement productif. Et nous reprenons notre marche avec

- le brio dans la synthèse théorique du mouvement de désindustrialisation, dont les auteurs montrent que les pays développés l'ont « choisie » en cédant à la « tentation de Londres » et en laissant monter les coûts. L'exemple des hydrocarbures de roche-mère permet de penser la réindustrialisation dans un cadre concurrentiel. Or les États pourraient être tentés de suppléer à la compétitivité microéconomique par une guerre des monnaies : c'est une nouvelle tentation qu'il convient d'éviter ;
- le courage avec une analyse de la définanciarisation dont les données et les simulations originales montrent d'une part, l'échec prévisible de la

régulation financière en l'absence de maîtrise de la liquidité internationale et d'autre part, l'impossibilité de rembourser la dette ;

- l'esprit pionnier les emmène à repérer le sentier de la croissance par l'épargne. Ils nous mènent d'un pas sûr au promontoire d'où on contemple, fasciné, le gouffre de l'insuffisance d'épargne mondiale ;

- l'espoir enfin, parce que chacun des problèmes trouve sa solution sous la forme de propositions. Ce serait les dénaturer que les réduire à quelques mots, on renvoie donc à leur dernier chapitre ceux qui, à la suite des auteurs,

voudront contribuer à préparer l'avenir de l'humanité.

Si dans cette entreprise ardue on se sent un peu seul, on appréciera le secours d'un livre comme la conversation d'un ami. Les auteurs nous proposent ici un peu plus qu'une conversation privée. D'abord parce qu'ils invitent dans la conversation leurs meilleurs amis, et le réseau intellectuel de Jean-Hervé Lorenzi est au monde contemporain ce que la république des lettres était aux Lumières. Ajoutez à ces lettres des chiffres et quelques modèles, cette conversation entre amis est la plus substantielle qui soit. Et bien que les auteurs proposent à la fois une synthèse de chaque

question et une progression théorique qui construit la solution, on suit avec plaisir la plume alerte qui nous emmène dans le vent de l'histoire. Par l'actualité des problèmes qu'il traite et par la qualité synthétique de sa réflexion, le livre de Jean-Hervé Lorenzi et Mickaël Berrebi s'installe dans le paysage des essais de l'année. Il restera sur les rayons des libraires le temps que dureront ces difficultés, c'est-à-dire un long moment. Mais si on veut contribuer à les résoudre, c'est maintenant qu'il faut le lire.

Par Pierre-Charles Pradier

■ **Philippe Charlez**

Our Energy Future is Not Set in Stone

Éditions Technip, 2014, 320 pages

L'ouvrage de Philippe Charlez est bien nommé : notre futur énergétique n'est pas gravé dans le marbre (« *not set in stone* »). Pour s'en convaincre, il suffit d'observer que notre actuel paysage énergétique est bien éloigné du futur imaginé au début des années 2000 : le déploiement des renouvelables dans le cadre d'efforts de « transition énergétique », la réouverture des débats nucléaires après Fukushima, la révolution nord-américaine des gaz de schiste et les nouvelles tensions géopolitiques nées des printemps arabes ou des querelles aux frontières de la Russie, représentent autant d'événements dont l'occurrence ou la portée étaient singulièrement difficiles à imaginer à l'entrée dans le nouveau millénaire.

La conjonction de ces bouleversements invite le lecteur à entrer dans l'ouvrage de Philippe Charlez, travail essentiel

pour approcher la complexité d'un monde où les énergies fossiles (pétrole, charbon et gaz) représentent aujourd'hui de l'ordre de 80 % du bilan mondial et sans doute 75 % encore en 2035, compte tenu des besoins des économies émergentes. Le futur de nos sociétés se jouera donc durablement dans le « champ » des hydrocarbures, y compris pour lutter contre le changement climatique : la substitution du charbon par le gaz (considérablement moins émetteur de CO₂) ou bien encore la capture et la séquestration du carbone, seront des leviers aussi essentiels que le développement des énergies renouvelables ou les gains en efficacité énergétique pour les efforts de réduction des émissions.

La force de l'ouvrage de Philippe Charlez (qui articule l'expertise géologique, technique, économique, aussi bien que socio-politique) est de nous faire entrer dans la complexité des « écosystèmes » pétroliers et gaziers. *Our Energy Future is Not Set in Stone* permet, en particulier, d'éclairer un paradoxe : alors que, depuis les années 1970, planait la menace de l'épuisement des ressources en pétrole et en gaz, nous savons

aujourd'hui qu'elles abondent (notamment sous forme dite « non conventionnelle »), mais que leur exploitation est soumise à des facteurs critiques (de sécurité industrielle, de nature environnementale, d'acceptabilité sociale, etc.) qui en entravent l'exploitation ou en rehaussent les coûts. La compréhension de ces tensions est essentielle pour une Europe désormais entourée par les puissances énergétiques que sont la Russie et (plus étonnamment) les États-Unis, et mise en concurrence avec les économies émergentes pour ses approvisionnements en hydrocarbures. A l'heure où les attentions européennes sont concentrées sur la définition d'indispensables politiques de transition énergétique, *Our Energy Future is Not Set in Stone* est une saine lecture pour qui veut aiguïser sa lucidité.

Par Patrice Geoffron
Professeur d'économie
Université Paris Dauphine
Leda-CGEMP (Laboratoire
d'économie de Dauphine-
Centre de géopolitique de l'énergie
et des matières premières)

VENTE AU NUMÉRO - BULLETIN D'ABONNEMENT

	Prix	FRANCE		Prix	FRANCE
1 Les horizons du risque.	ÉPUISÉ		50 Risque et développement. Le marketing de l'assurance. Effet de serre : quels risques économiques ?	ÉPUISÉ	
2 Les visages de l'assuré (1 ^{ère} partie).	19,00		51 La finance face à la perte de confiance. La criminalité. Organiser la mondialisation.	30,50	
3 Les visages de l'assuré (2 ^e partie).	19,00		52 L'évolution de l'assurance vie. La responsabilité civile. Les normes comptables.	ÉPUISÉ	
4 La prévention.	ÉPUISÉ		53 L'état du monde de l'assurance. Juridique. Économie.	31,50	
5 Age et assurance.	ÉPUISÉ		54 Industrie : nouveaux risques ? La solvabilité des sociétés d'assurances. L'assurabilité.	31,50	
6 Le risque thérapeutique.	19,00		55 Risque systémique et économie mondiale. La cartographie des risques. Quelles solutions vis-à-vis de la dépendance ?	31,50	
7 Assurance crédit/Assurance vie.	19,00		56 Situation et perspectives. Le gouvernement d'entreprise : a-t-on progressé ? L'impact de la sécurité routière.	31,50	
8 L'heure de l'Europe.	ÉPUISÉ		57 L'assurance sortie de crise. Le défi de la responsabilité médicale. Le principe de précaution.	31,50	
9 La réassurance.	ÉPUISÉ		58 La mondialisation et la société du risque. Peut-on réformer l'assurance santé ? Les normes comptables au service de l'information financières.	31,50	
10 Assurance, droit, responsabilité.	ÉPUISÉ		59 Risques et cohésion sociale. L'immobilier. Risques géopolitiques et assurance.	31,50	
11 Environnement : le temps de la précaution.	23,00		60 FM Global. Private equity. Les spécificités de l'assurance aux USA.	31,50	
12 Assurances obligatoires : fin de l'exception française ?	ÉPUISÉ		61 Bancassurance. Les agences de notation financière. L'Europe de l'assurance.	33,00	
13 Risk managers-assureurs : nouvelle donne ?	23,00		62 La lutte contre le cancer. La réassurance. Risques santé.	33,00	
14 Innovation, assurance, responsabilité.	23,00		63 Un grand groupe est né. La vente des produits d'assurance. Une contribution au développement.	33,00	
15 La vie assurée.	23,00		64 Environnement. L'assurance en Asie. Partenariats public/privé.	ÉPUISÉ	
16 Fraude ou risque moral ?	23,00		65 Stimuler l'innovation. Opinion publique. Financement de l'économie.	ÉPUISÉ	
17 Dictionnaire de l'économie de l'assurance.	ÉPUISÉ		66 Peut-on arbitrer entre travail et santé ? Réforme Solvabilité II. Pandémies.	ÉPUISÉ	
18 Éthique et assurance.	23,00		67 L'appréhension du risque. Actuariat. La pensée du risque.	ÉPUISÉ	
19 Finance et assurance vie.	23,00		68 Le risque, c'est la vie. L'assurabilité des professions à risques. L'équité dans la répartition du dommage corporel.	ÉPUISÉ	
20 Les risques de la nature.	23,00		69 Gouvernance et développement des mutuelles. Questionnement sur les risques climatiques. La fondation du risque.	ÉPUISÉ	
21 Assurance et maladie.	29,00		70 1 ^{ère} maison commune de l'assurance. Distribution dans la chaîne de valeur. L'assurance en ébullition ?	35,00	
22 L'assurance dans le monde (1 ^{re} partie).	29,00		71 Risque et neurosciences. Flexibilité et emploi. Développement africain.	35,00	
23 L'assurance dans le monde (2 ^e partie).	29,00		72 Nouvelle menace ? Dépendance. Principe de précaution ?	35,00	
24 La distribution de l'assurance en France.	29,00		73-74 Crise financière : analyse et propositions.	65,00	
25 Histoire récente de l'assurance en France.	29,00		75 Populations et risques. Choc démographique. Délocalisation.	35,00	
26 Longévité et dépendance.	29,00		76 Événements extrêmes. Bancassurance et crise.	35,00	
27 L'assureur et l'impôt.	29,00		77 Être assureur aujourd'hui. Assurance « multicanal ». Vulnérabilité : assurance et solidarité.	36,00	
28 Gestion financière du risque.	29,00		78 Dépendance... perte d'autonomie analyses et propositions.	36,00	
29 Assurance sans assurance.	29,00		79 Trois grands groupes mutualistes. Le devoir de conseil. Avenir de l'assurance vie ?	36,00	
30 La frontière public/privé.	29,00		80 L'assurance et la crise. La réassurance ? Mouvement de prix.	36,00	
31 Assurance et sociétés industrielles.	29,00		81-82 L'assurance dans le monde de demain. Les 20 débats sur le risque.	65,00	
32 La société du risque.	29,00		83 Le conseil d'orientation des retraites. Assurance auto, la fin d'une époque. Y a-t-il un risque de taux d'intérêt ?	36,00	
33 Conjoncture de l'assurance. Risque santé.	29,00		84 Gras Savoye, une success story. L'assurance, objet de communication. L'assurance, réductrice de l'insécurité ?	36,00	
34 Le risque catastrophique.	29,00		85 Solvabilité II. L'aversion au risque.	36,00	
35 L'expertise aujourd'hui.	29,00		86 Un monde en risque. Le risque nucléaire. Longévité et vieillissement.	37,00	
36 Rente. Risques pays. Risques environnemental.	ÉPUISÉ		87 Segmentation et non discrimination. Vieillesse : quels scénarios pour la France ?	37,00	
37 Sortir de la crise financière. Risque de l'an 2000. Les concentrations dans l'assurance.	29,00		88 Sport, performances, risques. Des risques pays aux dettes souveraines.	37,00	
38 Le risque urbain. Révolution de l'information médicale. Assurer les OGM.	29,00		89 Le risque opérationnel, retour au réel. Vieillesse et croissance.	38,00	
39 Santé. Internet. Perception du risque.	ÉPUISÉ		90 Les risques artistiques, industriels et financiers du cinéma. Les institutions et opérateurs de la gestion des risques au cinéma.	38,00	
40 XXI ^e siècle : le siècle de l'assurance. Nouveaux métiers, nouvelles compétences. Nouveaux risques, nouvelles responsabilités.	29,00		91 Les tempêtes en Europe, un risque en expansion. L'actif sans risque, mythe ou réalité ?	38,00	
41 L'Europe. La confidentialité. Assurance : la fin du cycle ?	29,00		92 L'assurance vie : la fin d'un cycle ? L'assurance européenne dans la crise.	38,00	
42 L'image de l'entreprise. Le risque de taux. Les catastrophes naturelles.	29,00		93 Protection sociale, innovation, croissance. Les ressources humaines dans l'assurance, préparer 2020.	39,00	
43 Le nouveau partage des risques dans l'entreprise. Solvabilité des sociétés d'assurances. La judiciarisation de la société française.	29,00		94 Risque et immobilier. Mythes et réalités du risque de pandémie.	39,00	
44 Science et connaissance des risques. Y a-t-il un nouveau risk management ? L'insécurité routière.	29,00		95 Big data et assurance. Les risques psychosociaux en entreprise.	39,00	
45 Risques économiques des pays émergents. Le fichier clients. Segmentation, assurance, et solidarité.	29,00		96 Les risques dans l'agroalimentaire. Et si l'assurance était vraiment mondiale ?	39,00	
46 Les nouveaux risques de l'entreprise. Les risques de la gouvernance. L'entreprise confrontée aux nouvelles incertitudes.	29,00		97 Les nouveaux défis du risque transport. Le risque de réputation, le mal du siècle.	39,00	
47 Changements climatiques. La dépendance. Risque et démocratie.	30,50		98 Quelle assurance pour les risques majeurs ? Les réseaux sociaux bouleversent l'assurance.	39,00	
48 L'impact du 11 septembre 2001. Une ère nouvelle pour l'assurance ? Un nouvel univers de risques.	30,50				
49 La protection sociale en questions. Réformer l'assurance santé. Les perspectives de la théorie du risque.	30,50				

Numéros hors série

Assurer l'avenir des retraites - 15,24 • Crise financière : analyses et propositions 65,00 • Numéro spécial 20 ans : les 20 débats sur le risque 65,00

Où se procurer la revue ?

Vente au numéro par correspondance et abonnement

Seddit

26, boulevard Haussmann, 75009 Paris
Tél. 01 40 22 06 67 - Fax : 01 40 22 06 69
Courriel : info@seddit.com
www.seddit.com

Librairie partenaire

CNPP Entreprise Pôle Européen de Sécurité - CNPP Vernon

BP 2265 - 27950 Saint-Marcel
Tél. 02 32 53 64 32 - Fax : 02 32 53 64 80

À découper et à retourner accompagné de votre règlement à

Seddit - 26, boulevard Haussmann, 75009 Paris

Tél. (33) 01 40 22 06 67 - Fax : (33) 01 40 22 06 69 - Courriel : info@seddit.com

☐ Abonnement annuel (4 numéros) FRANCE 140 € EXPORT 160 €*

☐ Je commande _____ ex. des numéros _____

Nom et prénom _____

Société : _____

Adresse de livraison _____

Code postal _____ Ville _____

Nom du facturé et Adresse de facturation _____

E.mail _____ Tél. _____

☐ Je joins le montant de : _____ par chèque bancaire à l'ordre de Seddit

☐ Je règle par virement en euros sur le compte HSBC 4 Septembre-code banque 30056-guichet 00750-07500221574-clé RIB 17

* Uniquement par virement bancaire

Conformément à la loi « informatique et libertés » du 6 janvier 1978, vous bénéficiez d'un droit d'accès et de rectification aux informations qui vous concernent.

Si vous souhaitez exercer ce droit et obtenir communication des informations vous concernant, veuillez vous adresser à SEDDITA, 26, boulevard Haussmann, 75009 PARIS