

➤ assurances, à la gestion des risques financiers et celle des risques environnementaux. Les assureurs l'utilisent par exemple pour estimer les plus grosses pertes qu'ils peuvent subir en vendant des assurances contre les catastrophes naturelles.

Le scénario catastrophe par excellence étant l'explosion d'une centrale nucléaire, toutes les idées sur la mesure des risques extrêmes ont trouvé tôt ou tard un terrain d'application dans le domaine de la sûreté nucléaire. Dans les années 1970, sont apparues les études probabilistes de sûreté (EPS), une méthodologie d'estimation de la probabilité des scénarios d'accident dans les installations nucléaires. La méthode consiste à identifier les séquences d'événements pouvant mener à un résultat catastrophique, telle la fusion du cœur de réacteur; et assigner des probabilités à ces séquences à partir de principes physiques ou de l'expérience acquise. L'objectif, comme pour les digues hollandaises, est de définir les normes à satisfaire pour garantir une probabilité d'occurrence de l'événement catastrophique inférieure à un seuil donné.

Mais en 1979, l'accident de la centrale nucléaire de Three Mile Island, en Pennsylvanie, aux États-Unis, rappela brutalement que, dans un système complexe formé de multiples composantes interdépendantes comme une centrale nucléaire, une petite erreur – humaine en l'occurrence – peut provoquer une catastrophe (voir la figure pages 20-21).

Or l'occurrence de telles erreurs, qui ne sont pas liées à un facteur physique obéissant à une loi bien identifiée, est difficile, voire impossible, à quantifier. Dès lors, quelle foi accorder aux « certitudes quantitatives » produites par les études de sûreté et sur les certifications techniques qui en résultent ?

Frank Knight, économiste américain et théoricien du risque, distinguait déjà en 1921 dans *Risk, Uncertainty and Profit* le risque probabilisable, correspondant à des événements dont on peut évaluer la probabilité avec une certitude raisonnable, et l'incertitude, qui recouvre des événements dont on ignore jusqu'aux probabilités d'occurrence. Lorsqu'on s'éloigne des systèmes physiques pour aller vers des domaines où les facteurs humains sont plus importants, la part de l'incertitude augmente.

Données d'observation incomplètes, hypothèses abusivement simplificatrices (telle l'indépendance des facteurs de risques, fréquemment postulée dans les modèles statistiques), ou encore omission de certains facteurs de risque, les sources d'incertitudes dans les modèles de risque sont nombreuses. Elles sont autant de limitations qui invitent à rester modestes dans nos attentes envers les modèles statistiques lorsque ceux-ci ne s'appuient pas sur des principes physiques bien ancrés.

LA CHASSE AU CYGNE NOIR

Que faire alors ? Tout au plus peut-on compléter les résultats des modèles par l'analyse au cas par cas de scénarios extrêmes. C'est l'objet de la méthode de *stress test*, qui apporte un complément utile aux analyses statistiques de risque. Le CEA et EDF ont retenu cette option en complément des études EPS pour définir la politique de sûreté nucléaire.

Les statistiques montrent là leurs limites. Faut-il pour autant abandonner l'ambition de quantifier les événements rares en dehors des sciences physiques, où les principes physiques permettent de calculer leurs probabilités ?

C'est ce que certains semblent suggérer, tels Nassim Taleb ou Nicolas Bouleau, de l'École nationale des ponts et chaussées, à la

Le barrage d'Oosterschelde, aux Pays-Bas, a été conçu pour que la probabilité qu'une marée le dépasse soit inférieure à 1/10 000. La théorie des valeurs extrêmes indiqua que la hauteur des digues devait être de 5 mètres au moins.



HASARD SAUVAGE CONTRE HASARD SAGE

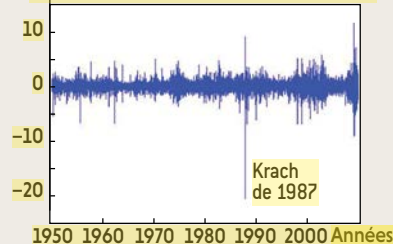


Benoît Mandelbrot (*ci-contre*) fut le premier à mettre en évidence dans les années 1960 les manifestations du hasard sauvage en économie et en finance.

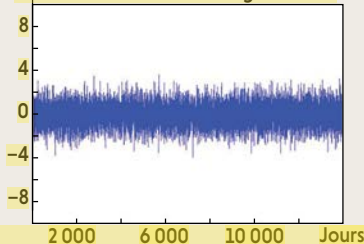
On peut illustrer la différence entre hasard sauvage et hasard sage en comparant les rendements journaliers

d'un indice boursier réel (l'indice S&P 500 de la Bourse de New York) de janvier 1950 à septembre 2009, et un échantillon de 14 000 observations simulées d'une variable aléatoire gaussienne de même moyenne (0) et même écart-type (1 %) que les données réelles. Sur le graphique de l'indice boursier (a), on voit que la variabilité est grande et que l'indice connaît des bouffées de volatilité. En octobre 1987, l'indice a perdu 20 % de sa valeur en une journée, soit 20 fois son écart-type ! *A contrario*, les variations de la série gaussienne (b) restent concentrées autour de la moyenne : la plus grande perte est de 4 %, soit seulement 4 fois l'écart-type journalier. Les écarts-types empiriques des deux séries évoluent aussi de façons très différentes en fonction du nombre d'observations. Alors que l'écart-type de l'échantillon gaussien (d) converge doucement vers sa valeur théorique,

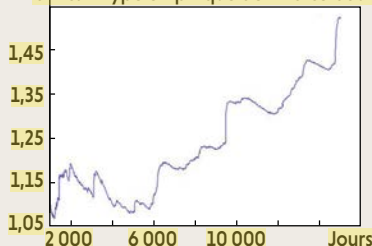
a Variations de l'indice boursier S&P 500



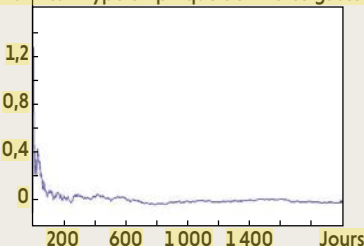
b Variations de la variable gaussienne



c Écart-type empirique de l'indice boursier



d Écart-type empirique de l'indice gaussien



comme le prévoit la loi des grands nombres, l'écart-type empirique des rendements de l'indice boursier (c) continue à osciller à mesure que de nouvelles observations sont ajoutées à l'échantillon, sans donner aucun signe de convergence. Ces observations suggèrent que les aléas financiers relèvent du hasard sauvage, domaine où les événements extrêmes jouent un rôle déterminant. Mandelbrot proposa ainsi de modéliser les mouvements boursiers à l'aide des distributions stables de Lévy.

L'indice boursier S&P 500 obéit à un hasard sauvage, alors qu'une variable aléatoire gaussienne suit un hasard sage.

lumière notamment de l'apparent échec des méthodes quantitatives de gestion de risques financiers lors de la crise financière dont nous avons parlé. Selon Nassim Taleb, il est en effet impossible de quantifier le risque d'événements rares catastrophiques dont nous n'avons jamais connu d'exemple par le passé. Ces « cygnes noirs », tels qu'il les qualifie, invalideraient les approches statistiques de modélisation du risque.

ÉVITER LA CRISE ?

Cependant, la récente crise financière est-elle un cygne noir au même titre que l'accident de Three Mile Island, où, malgré les précautions, l'erreur humaine, non quantifiable, mit en échec le système de sûreté ? Ou ressemble-t-elle plutôt à la tempête qui ravagea les Pays-Bas en 1953, événement rare, mais dont on pouvait mesurer la probabilité ?

Je penche en faveur de la seconde option : les institutions financières sont loin d'avoir mis en pratique des méthodes adéquates pour mesurer les risques de leurs portefeuilles. Plus de quarante ans après les travaux de Mandelbrot, nombre d'établissements bancaires, par facilité, utilisent encore la loi normale dans leurs calculs de risques : difficile alors de blâmer les modèles statistiques... qui ne sont pas utilisés !

BIBLIOGRAPHIE

P. DEHEUELS, *La Probabilité, le hasard et la certitude*, « Que Sais-Je ? », Presses Universitaires de France, 2008.

B. MANDELBROT ET R. HUDSON, *Une approche fractale des marchés. Risquer, perdre et gagner*, Odile Jacob, 2005.

F. BARDOU, J.-PH. BOUCHAUD, A. ASPECT ET C. COHEN-TANNOUDJI, *Lévy Statistics and Laser Cooling: How Rare Events Bring Atoms to Rest*, Cambridge University Press, 2002.

N. BOULEAU, *Splendeurs et misères des lois de valeurs extrêmes, Risques*, vol. 3, pp. 85-92, 1991.

L. DE HAAN, *Fighting the arch-enemy with mathematics, Statistica Neerlandica*, vol. 44(2), pp. 45-68, 1990.

Sans aller jusqu'à affirmer, comme le faisait récemment un journaliste du *Nouvel Observateur*, que si la banque d'affaires Lehman Brothers avait calculé ses risques avec les distributions de Lévy, elle aurait évité la faillite, il est certain que l'utilisation de modèles plus réalistes ne pourra qu'améliorer la gestion des risques financiers.

Mais Nicolas Bouleau soulève un autre point, d'ordre sociologique. Les énormes enjeux sociaux de certains événements catastrophiques – météorologiques, géologiques ou économiques – ont pour conséquence d'engendrer une pression importante des décideurs publics sur les « experts » pour, sinon prévoir ces événements rares, au moins quantifier leur risque d'occurrence. La tentation est alors grande de préférer des indicateurs statistiques inadaptés plutôt que de reconnaître que les connaissances scientifiques actuelles n'apportent par de réponse à certaines questions.

C'est sans doute un aspect de la défaillance des systèmes de gestion des risques financiers lors de la crise récente : indépendamment de leur précision, ils ont entretenu l'illusion d'une sécurité aux yeux de leurs utilisateurs, qui ont de ce fait baissé leur garde. Ne rejetons pas les méthodes statistiques de modélisation des risques, utilisons-les avec discernement ! ■