

LA GESTION DES RISQUES EST-ELLE DEVENUE TROP COMPLEXE ?

NICOLE EL KAROUI*

Acteur de la modélisation mathématique des risques financiers depuis une vingtaine d'années, je pourrai tenter un inventaire à la Prévert de la variété de ce que cette notion peut recouvrir, à partir de mon expérience sur les produits dérivés et leur cohorte de risques de marché gérés à la journée : risque de couverture, risque de modèle, risque de défaut, risque de dépendance et de corrélation, risque de long terme, risque d'inflation, risque actuariel, risque d'être tous dans le même sens, risque de liquidité, risque de retournement, risque de spéculation ; à un niveau plus agrégé, risque de pauses incontrôlables, risque de manipulation des cours, risque systémique, risque opérationnel, risque informatique, risque de haute fréquence, risque micro, risque macro, et j'en oublie bien sûr...

Mesurer, couvrir, quantifier, réguler une finance à la microseconde, à la journée, au mois, à l'année ou pour cinquante ans et de plus socialement responsable sont des actions qui apparaissent comme des challenges d'une extrême complexité, impliquant des méthodes différentes selon le degré de granularité considéré, l'objectif de l'analyse ou le statut des acteurs, allant du *trader* au régulateur en passant par toutes les instances de contrôle interne des banques.

LES MARCHÉS FINANCIERS ET LEUR CONTRÔLE : EXEMPLE DE RÉPONSE INSTITUTIONNELLE

Offrir aux agents économiques des outils pour se couvrir contre les « risques financiers associés à l'incertitude qui pèse sur le futur » est à l'origine des marchés

* Professeur émérite, université Pierre et Marie Curie (Paris VI).

L'auteur est à l'origine du Master « Probabilité et Finance » Paris VI/École polytechnique.

financiers de produits dérivés (Chicago, 1973), lesquels offrent des outils permettant de « geler » le prix minimum d'une opération qui se réalisera dans le futur à une maturité donnée oscillant entre le court et très long terme ; cette opération peut porter sur tout type de sous-jacents, notamment les devises, les taux d'intérêt, les *spreads* de crédit, les matières premières, mais aussi les actions, les obligations. Les instruments dérivés les plus liquides sont les contrats à terme ou les contrats *future* sur la plupart des sous-jacents, les *swaps* pour les marchés de taux, les *credit default swaps* (CDS) pour le risque de défaut et les produits optionnels comme les options d'achat (prix maximal garanti), ou de vente (prix minimal garanti) sur la plupart des sous-jacents cités.

Le transfert du risque de marché, par nature non mutualisable, des entreprises et autres investisseurs vers les banques par l'intermédiaire de ces produits repose sur les principes de base dégagés par Black et Scholes (1973) : (1) il est possible de réduire les risques de ce type de produits par une stratégie dynamique de couverture ; (2) la mise en œuvre de la stratégie est assurée produit par produit par le *trader* (vendeur) qui prend les risques ; (3) le risque du portefeuille agrégé de tous ces produits couverts est quotidiennement suivi par le contrôle des risques de la banque et par le régulateur (depuis Bâle II) par l'intermédiaire d'indicateurs de risque comme la *value at risk* (VaR) (1998), c'est-à-dire un indicateur des pertes potentielles à 99 %. Depuis la crise de 2008, le risque de contrepartie et de liquidité est suivi par deux indicateurs, l'*Incremental Risk Charge* (IRC, introduit en 2011) qui concerne les *bonds* et les CDS, et la *Comprehensive Risk Measure* (CRM) qui concerne le portefeuille de corrélation crédit, dont les risques de *spread* et de recouvrement. Ces indicateurs sont utilisés pour calculer des fonds propres à mettre en regard des risques encourus.

Développés de manière significative sous l'impulsion des banques et des intermédiaires financiers dans les années 1970-1980, l'ampleur de ces marchés (OTC – *over-the-counter* – comme organisés) n'a cessé de croître pour atteindre des notionnels impressionnants (plus de 700 000 Md\$ en 2013 dont une très large part provient des *swaps* de taux ou de devises, d'après la Banque des règlements internationaux – BRI). Leur utilisation pour la couverture des risques ne peut à elle seule expliquer une telle croissance. L'information révélée par les cotations des contrats à terme facilite leur usage à des fins purement spéculatives, dont le levier peut être impressionnant, compte tenu de l'écart potentiel pouvant exister entre le cours à terme coté et le cours « estimé, anticipé » des investisseurs potentiels.

Pour illustrer ce propos, prenons l'exemple d'un simple contrat qui garantit la détention d'un titre négocié (sans dividende, pour simplifier) à l'horizon T. Si le contrat est payé aujourd'hui (ce qui est exceptionnel), c'est ce que l'on appelle une option de prix d'exercice 0 ; si le contrat est payé à l'échéance, c'est ce que l'on appelle un contrat à terme. Par cohérence des prix (dans un marché sans arbitrage), le prix à terme actualisé au taux de financement de maturité T est le prix du contrat payé aujourd'hui.

La manière la plus simple de se garantir la possession du titre à l'échéance est de l'acheter aujourd'hui et de le porter jusqu'à maturité. Le risque à maturité a ainsi été complètement annulé par l'achat du titre aujourd'hui. Le contrat est dit « couvert », « hedgé » statiquement. Dans un monde liquide et à frais réduits, le prix du contrat de prix d'exercice 0 (supposé unique) est le cours d'aujourd'hui ; il n'est pas nécessaire d'introduire un modèle pour l'évaluation du prix de ce contrat. Le prix à terme est, quant à lui, le cours d'aujourd'hui capitalisé au taux de marché de la maturité du contrat.

Une conséquence immédiate de l'existence de ces prix cotés est le développement de l'activité spéculative. L'information ainsi apportée permet aux investisseurs de prendre des positions spéculatives basées sur l'écart entre le prix à terme et le prix déduit de leurs anticipations.

Pour des actifs liquides, pour lesquels les prix de marché sont proches de leur « valeur fondamentale », le raisonnement reste valable. Cet argument s'étend aux contrats de type *swaps*, dont le taux variable de référence est le taux interbancaire Euribor (Libor), en période de grande liquidité (2002-2007), par exemple. La crise de liquidité du système interbancaire qui a suivi la faillite de Lehman Brothers en septembre 2008 a balayé ce point de vue et un modèle est maintenant nécessaire pour gérer le risque associé à l'écart de taux entre les taux interbancaires Euribor (Libor) à trois mois et Eonia (OIS) à six mois (taux au jour le jour). Le scandale des taux Libor a montré que cet écart a été minimisé pendant toute une période juste après la crise.

Plus généralement, lorsque le sous-jacent n'est pas coté, ou peu liquide, et donc difficilement échangeable, l'argument ne tient plus et son usage abusif se révèle particulièrement néfaste dans les périodes de tensions ou de crise. À cette occasion, on touche du doigt l'une des difficultés associée à l'importance donnée au prix de marché (*mark to market*) des actifs peu liquides qui ne reflète que très partiellement la « future » valeur liquidative dans les situations de tensions ou de défaut.

Les marchés organisés sont aussi une réponse institutionnelle à la gestion du risque de contrepartie des contrats, puisque moyennant des garanties et des appels de marge quotidiens, ils prennent en charge ce risque. Depuis la crise, vu l'importance, notamment en termes de notionnel, du marché des *swaps*, l'évaluation de ces dérivés a été déferée aux marchés organisés, par l'intermédiaire des chambres de compensation qui se substituent aux contreparties, moyennant des garanties, et fixent les appels de marge. L'avantage est de créer un marché standardisé de *swaps*, en limitant le risque de contrepartie, et en contribuant à une information plus claire sur la signification du prix.

En même temps, l'ampleur du notionnel du marché des *swaps* pose de nouvelles questions sur le fonctionnement des chambres de compensation, leur capacité à faire face à un risque opérationnel accru, leur méthodologie de calcul des appels de marge. Par ailleurs, face à un marché des *swaps* qui est fortement concentré sur quelques grandes banques surtout américaines, a-t-on

suffisamment de garanties sur l'indépendance des chambres de compensation ? Sera-t-on de nouveau dans la logique de *to big to fall* ?

Face au risque de marché, la réponse du système financier a été innovante, adaptative et réactive, mais n'a pas empêché la survenue de nombreuses crises. Clairement, les risques de marché sont mieux identifiés, décrits, compris. Dans le même temps, toute transformation importante a été suivie d'une kyrielle de nouveaux problèmes, dont l'impact a été amplifié par la croissance exponentielle des marchés. Face à la complexité accrue, aucun problème ne peut être considéré comme ayant reçu une solution définitive et la vigilance doit être de mise même par rapport à des notions aussi standards que le prix de marché et, plus généralement, les systèmes de comptabilité, la notation et l'importance des agences de *rating*, les indicateurs de risque.

LE RÔLE ACCRU DES MODÈLES ET DES ÉLÉMENTS QUANTITATIFS

La création des marchés à terme et des produits dérivés a impliqué l'introduction de nouveaux outils quantitatifs dans le monde financier, notamment dans la modélisation de l'incertain, les notions classiques de moyenne et de variance se révélant insuffisantes.

Par ailleurs, les années 1980-2000 ont vu émerger la « notion de probabilité risque-neutre », utilisée non seulement pour le calcul des prix de produits dérivés, mais également pour les calculs de certains indicateurs de marché, où un prix apparaît comme l'« évaluation risque-neutre des flux futurs actualisés ». Cette mystérieuse probabilité traduit simplement que si le prix d'un produit dérivé doit être évalué comme une « valeur moyenne des flux futurs », cela veut dire, dans le cas des contrats à terme, par exemple, qu'à toute date, le prix du sous-jacent actualisé possède lui-même cette propriété, et ce fait doit être accepté de manière consensuelle par les deux parties de la transaction. En termes plus « statistiques », cela revient à dire que le prix de marché est considéré par les deux parties comme un bon estimateur (pour le *pricing*) de sa valeur future actualisée. Mais cela ne vaut qu'en cas de transaction. Cette mesure d'un incertain futur diffère *a priori* de la probabilité historique ou statistique du spéculateur utilisée en général par les autres acteurs de marché, notamment en gestion d'actifs.

Qu'en est-il d'un produit dérivé optionnel, comme une option d'achat ou de vente à un prix garanti (maximal/minimal) dans le futur ? L'utilisation de la probabilité risque-neutre est valable si l'on peut écrire le flux garanti comme la valeur future d'un portefeuille de couverture¹. Les modèles servent alors à décrire les hypothèses à faire sur les fluctuations dynamiques du sous-jacent en vue de quantifier les poids d'un portefeuille de couverture. Comme une couverture

parfaite n'existe que rarement, le *trader* et le *risk manager* ont à définir un compromis « acceptable » en termes de risque résiduel, agrégeable avec les autres produits dérivés pour une analyse finale globale du risque, en ligne avec les exigences réglementaires. C'est le rôle des *quants* (ingénieurs financiers) de proposer des solutions, cohérentes avec l'information de marché, implémentables numériquement (ce qui reste toujours un challenge malgré les progrès des méthodes et de la puissance de calcul) et acceptables par le *trader* qui va gérer la couverture du produit dérivé.

Comme les produits dérivés sont individuellement couverts, la question de la gestion quotidienne du portefeuille agrégé (*book*) de dérivés, mettant en jeu plusieurs types de sous-jacents, est plus complexe. L'extension de la méthodologie précédente aux dérivés de crédit basés sur le risque de défaut, à partir des années 2002, s'est révélée plus hasardeuse, comme l'a montré la crise de 2008. Depuis la crise, la situation est encore plus complexe, puisqu'il faut inclure dans le *pricing* le risque de liquidité, le risque de défaut, le risque de contrepartie (*via* le collatéral, par exemple) dans l'évaluation des dérivés *a priori* les plus simples.

Les modèles pour la couverture

Les modèles utilisés dans les marchés de dérivés doivent permettre de résoudre un problème précis : quantifier une stratégie de couverture pour réduire le risque de marché associé à un produit dérivé complexe, pendant une petite période de temps, au maximum la journée, sachant que l'on pourra corriger le modèle le lendemain. Ils servent alors à décrire les hypothèses à faire sur les fluctuations dynamiques du sous-jacent, tout en répliquant de manière très précise les prix de marché des instruments utilisés pour la couverture ; l'objectif est de fournir une méthodologie de calcul du prix du produit dérivé (ou des dérivés écrits sur le même sous-jacent), si possible rapide, et de quantifier les sensibilités de ce prix à des variations de facteurs de risque (sous-jacents, taux, volatilité) de marché, afin de construire un portefeuille de couverture « *hedgé* ». La durée d'utilisation d'un modèle avec ses paramètres est donc très courte, puisqu'elle sépare deux dates de réajustement du portefeuille de couverture. Au niveau des produits, les principaux risques résiduels sont associés à la liquidité du marché des instruments de couverture, à la qualité des prix de marché utilisés pour la calibration (prix de transaction, contre prix contribués) ou au risque de modèle induit sur les produits complexes.

Au niveau agrégé d'une salle de marché, même si le *book* est *a priori* peu sensible aux variations quotidiennes, la complexité augmente notamment dans la prise en compte de la dépendance entre les facteurs, mais l'horizon court (un jour) en minimise l'impact. L'importance des fourchettes de prix s'impose de plus en plus comme une mesure parmi d'autres de la liquidité, mais reste

difficile à intégrer dans la mesure des risques agrégés. Par ailleurs, les limites d'exposition par contrepartie rendent les problèmes d'évaluation et de couverture très interdépendants et « hautement non linéaires », ce qui fait que leur intégration dans les systèmes informatiques existants reste délicate.

Malgré l'expérience acquise dans les marchés de dérivés, notamment sur l'efficacité de certaines approximations, etc., les modèles utilisés ne sont pas nécessairement bien adaptés au calcul de la mesure des risques. En effet, le modèle est une réduction drastique de la réalité, en vue de « résoudre » un problème spécifique ; dans le monde des « dérivés », la « probabilité risque-neutre » met l'accent sur la « volatilité » au détriment du « *trend* de marché ». Par ailleurs, il n'y a pas de modèle universel de la dynamique des actifs financiers, même si certaines de leurs caractéristiques spécifiques ont été très étudiées, notamment la fréquence accrue des grands mouvements par rapport à celle générée par les modèles classiques (gaussiens).

Les modèles pour les indicateurs de risque de court terme

Le premier indicateur de risque de marché, introduit en 1998 par le régulateur est la VaR à un jour du portefeuille de marché, c'est-à-dire la mesure de la perte maximale, au-dessus de laquelle on doit se trouver à un niveau de confiance de 99 %. Assorti d'un coefficient multiplicateur, il sert au régulateur à calculer un montant de réserves en fonds propres. Il doit être calculé par une instance de la banque, indépendante du *front office*. Cette dernière condition, des plus raisonnables, pose de nombreuses questions opérationnelles, concernant la qualité des données indépendantes, les *pricers*.

Son calcul demande de « modéliser » les variations du portefeuille à un jour, compte tenu des « variations probables » des facteurs de risque (fort nombreux). Puisque le portefeuille global est « couvert », il est raisonnable de considérer que l'évaluation est risque-neutre, et donc que les variations des facteurs sont sans biais. Pour prendre en compte une dépendance « réaliste » des facteurs de marché, le calcul est souvent basé sur des variations historiques (256 jours), ce qui pose un problème de robustesse compte tenu du grand nombre de facteurs (plusieurs milliers). Quelle que soit la méthode retenue, le calcul correspond à un choix de modélisation qui impacte d'autant plus le résultat que le seuil retenu (99 %) est élevé. Aussi, la variation de la VaR d'un jour sur l'autre est souvent plus informative que le niveau lui-même.

Les modèles pour les indicateurs de risque de moyen terme

Depuis 2008, de nouveaux indicateurs de risque ont été introduits, dont l'IRC qui capte les risques défavorables liés au *rating* et au défaut des *bonds*

et des CDS, et la CRM qui concerne le portefeuille de corrélation crédit, dont les risques de *spreads*, de recouvrement. Ces deux indicateurs mesurent les risques annuels, avec des effets de liquidité à trois mois, avec un niveau de confiance exceptionnellement élevé (99,9 %). Actuellement en cours d'implémentation, ces indicateurs sont particulièrement sensibles au risque de modèle, dans un sens très basique. Quel que soit le modèle retenu, le niveau de confiance est tellement élevé qu'un petit changement dans la modélisation peut fortement changer le niveau de l'indicateur. Cela peut être utilisé pour obtenir des indicateurs acceptables, *a priori*. Il s'agit là d'un exemple typique de quantité qui ne peut être calculée qu'au prix d'approximations drastiques faisant perdre toute pertinence au niveau de confiance exigé. Il serait sans doute plus pertinent d'exiger des indicateurs plus simples, avec leurs intervalles de confiance, afin de mesurer leur robustesse et de définir des coefficients multiplicateurs pour le calcul des fonds propres. Le rôle des mathématiques et de la simulation dans ce cas peut être seulement de servir de lieu d'expérimentation pour tester si certaines approximations sont acceptables, non de contribuer à valider des VaR aussi extrêmes.

Les modèles pour le régulateur

Les piliers de la réglementation tels que définis par le Comité de Bâle sont l'exigence de fonds propres, la procédure de surveillance de la gestion des fonds propres et l'information, afin d'assurer un équilibre entre la sensibilité au risque, la simplicité et la comparabilité.

Dans un paysage financier aussi complexe, il convient de structurer les indicateurs de risque et leur surveillance. Par exemple, la VaR à un jour (ou même à dix jours) devrait garder toute sa complexité, basée sur des modèles internes, mais devrait être évaluée par des instances spécialisées dans le risque de marché et des dérivés (pourquoi pas des « commissaires en risques », complémentaires des « commissaires aux comptes ») qui suivraient ces indicateurs et d'autres complémentaires, comme ceux liés à la taille des positions, à la liquidité des marchés, etc., et rapporteraient à l'autorité nationale suivant un *reporting* agréé par l'autorité supranationale, comme le suggère sur ce dernier point le document de discussion du Comité de Bâle (2013).

Les ratios plus agrégés sur un horizon d'une année, comme le *liquidity coverage ratio* (LCR) et le *maximum cumulative ratio* (MCR), pourraient être simplifiés dans leur formulation et leurs calculs, afin d'être plus fiables et utilisés en interne et contrôlés par un régulateur national ou supranational, calculant les fonds propres à mettre en regard de toutes ces informations. La comparabilité s'en trouverait simplifiée. Il faudrait aussi réfléchir à des indicateurs complémentaires sur la mesure du risque de contrepartie basés davantage sur des inspections aléatoires des positions et des risques associés que sur des essais d'analyse exhaustive.

La vision « marché » conduit à une analyse des risques à court terme, ce qui a conduit le régulateur à introduire deux nouvelles normes de liquidité, le ratio de liquidité à court terme et le ratio de liquidité à long terme, assorties d'une série d'indicateurs de suivi, ce qui est évidemment très important pour prendre en compte certains nouveaux risques de marché ; comme le souligne le document du Joint Committee (2013), la période actuelle de taux très bas induit des risques de type macroéconomique à moyen et long terme mal pris en compte par les indicateurs précédents.

LE QUANTITATIVE EASING ET AUTRES RISQUES INDUITS PAR LA CRISE

La gestion de la crise a conduit très fortement à baisser le niveau des taux d'intérêt pour toutes les maturités, notamment les maturités de long terme.

En période de taux d'intérêt très bas, les investisseurs sont à la recherche d'un minimum de performances que l'on ne trouve que dans des produits plus risqués ou plus complexes.

Par ailleurs, pour des raisons souvent réglementaires, les banques et les institutionnels détiennent massivement des obligations d'État à des prix de plus en plus surévalués et financées avec de la trésorerie de court terme peu coûteuse (positions de transformation). Quelles incitations, mais aussi quelles mesures de risque retenir pour lutter contre un *krach* obligataire potentiel ?

Par ailleurs, le financement de long terme est donc fort peu attractif, alors que la politique de taux bas pèse lourd sur l'assurance et les fonds de pension. Cela n'est pas sans risque, dans une période de vieillissement de population et d'augmentation du coût en matière de santé et de retraite. Comment les marchés financiers pourront-ils jouer leur rôle dans la gestion de ces questions fondamentales, en présence de taux aussi bas ? Quelle innovation financière peut être proposée ? Quels indicateurs de risque prennent en compte ces enjeux ?

CONCLUSION

Dans un paysage financier aussi complexe, le souci du régulateur est de quantifier le risque de marché, afin de s'assurer de la pertinence des fonds propres mis en regard, et le risque systémique des différents établissements financiers. Les outils quantitatifs sont indispensables pour évaluer et, si possible, réduire les risques inhérents aux produits dérivés, mais aussi pour développer et tester les modèles internes utilisés. Comme le suggère le régulateur, les équipes de risque devraient régulièrement produire des indicateurs sur des portefeuilles tests.

Dans le même temps, il ne faut pas oublier que réduire les risques dans un secteur contribue souvent à les condenser au deuxième degré dans un autre secteur (chambres de compensation ; Cont, 2014) dont la régulation doit être mise en place simultanément. La demande de collatéral de titres de qualité crée une demande excessive qui impacte le marché de ces titres.

Certes, les analyses fines des risques des établissements financiers sont des outils importants pour la gestion des crises, mais en même temps, de nombreuses composantes du risque systémique des marchés ne sont pas (ou peu) prises en compte. Il serait important de surveiller quelques paramètres plus factuels, mais aussi plus stratégiques du système comme la concentration de plus en forte des marchés de taux, de matières premières ou de l'énergie, sur un nombre très réduit de banques essentiellement américaines, les interactions entre les établissements financiers et les agences de notation ou les chambres de compensation, la concentration des positions dans les secteurs hautement spéculatifs et peu liquides, et, comme nous l'avons déjà souligné, l'impact des politiques monétaires. De manière générale, le fonctionnement du marché (par exemple, ses règles de transaction, ses taxes, etc.), la réglementation, le système de comptabilité et la notation sont des éléments qui ont une influence sur toutes les banques et donc sur leurs indicateurs de risque. Il serait important de réintroduire, sous l'impulsion du régulateur, une vision prospective de moyen et long terme. Il serait également essentiel de surveiller les phénomènes de concentration, surtout en période de marchés haussiers, d'avoir des structures de fonctionnement qui détectent les débuts de bulle (on détecte bien les ouragans), etc.

Les progrès récents dans l'analyse des grandes données (*big data*) montrent fondamentalement deux choses : les critères classiques de type espérance, variance ou autres ne sont pas très efficaces et une analyse basée sur des mesures cherchant à définir peu de paramètres, mais plus pertinents, capte mieux les risques sous-jacents et peut être, contre toute attente, plus conservatrice. Modéliser ou simuler un risque extrême ne peut se faire de manière simple.

Il y a donc un vrai enjeu à repenser les risques autrement, en les hiérarchisant suivant l'horizon, leur impact, leur concentration, en vue de limiter la complexité au niveau adéquat et d'être plus innovant au niveau agrégé. Les moyens numériques ne doivent pas être vus comme une source de complexité, mais comme des outils à utiliser intelligemment. La culture économétrique de l'économie et de la finance doit s'enrichir des possibilités nouvelles offertes par la culture des *big data*. La finance étant plus importante encore dans notre société que la météo, on peut espérer que la nouvelle instance de supervision européenne (SSM – Single Supervisory Mechanism) s'équipera de moyens de calculs suffisants pour suivre les mouvements des flux financiers et détecter leurs anomalies. Des moyens nouveaux devraient être mis en œuvre² pour développer une recherche collaborative par des chercheurs de culture différente, capables de proposer un regard neuf sur l'existant, des idées innovantes qui pourraient être testées, en vue de réduire la complexité et accroître la stabilité du système.

Faire de la complexité des risques un enjeu de la recherche européenne avancée en vue de la stabilité du système financier est un challenge dont nous ne pouvons nous dispenser. Vigilance et bon sens restent les garants d'une évolution où rien ne peut jamais être définitivement acquis.

NOTES

1. C'est l'hypothèse d'absence d'arbitrage dans les marchés liquides, mise en avant par Merton (1973).
2. Des instituts, comme l'Institut Louis Bachelier, qui réunissent sous le même « toit » des acteurs et des financeurs du monde économique et financier, ainsi que des chercheurs de ces mêmes disciplines et de secteurs scientifiques doivent jouer un rôle d'incitation et de coordination sur des questions de cette ampleur.

BIBLIOGRAPHIE

- BLACK F. et SCHOLES M. (1973), « The Pricing of Options and Corporate Liabilities », *Journal of Political Economy*, vol. 81, pp. 637-659.
- BRI (Banque des règlements internationaux) (2013), *Statistical Release, OTC Derivatives Statistics at End-June 2013*, Département économique et monétaire, novembre.
- COMITÉ DE BÂLE (2013), « Cadre réglementaire, assurer l'équilibre entre sensibilité au risque, simplicité et comparabilité », *document de discussion*, juillet.
- CONT R. (2014), « Central Clearing of OTC Derivatives: Bilateral vs Multilateral Netting », *Statistics & Risk Modeling*, vol. 31, pp. 3-22.
- CONT R., DEGUEST R. et KAN Y. H. (2010), « Default Intensities Implied by CDO Spreads: Inversion Formula and Model Calibration », *SIAM Journal on Financial Mathematics*, vol. 1, pp. 555-585.
- JOINT COMMITTEE (2013), *Report on Risks and Vulnerability in the EU Financial System*, mars.
- MERTON R. C. (1973), « Theory of Rational Option Pricing », *Bell Journal of Economics and Management Science*, vol. 4, pp. 141-183.