

LE NOUVEAU MARCHÉ DU RISQUE DE LONGÉVITÉ

DAVID BLAKE*
ANDREW CAIRNS**
GUY COUGHLAN***
KEVIN DOWD****
RICHARD MACMINN*****

Le début du XXI^e siècle a vu l'émergence du « marché des risques biométriques », un marché d'actifs et d'engagements liés à la longévité et à la mortalité. Ce marché, l'un des plus récents au monde, concerne directement les individus et les institutions du monde entier et pourrait potentiellement devenir un très grand marché international. Il est en effet de plus en plus reconnu que le risque de longévité est un risque considérable qui se révèle très lourd pour ceux qui doivent l'assumer, à savoir les entreprises, les gouvernements et les individus. Ce risque ne peut pas être couvert sur les marchés de capitaux existants et même s'il peut être transféré *via* les marchés des assurances, ces marchés ne disposent pas aujourd'hui de suffisamment de liquidités pour soutenir un marché à part entière.

Il manquait jusque récemment de nouveaux instruments financiers permettant de transférer ce risque, ainsi que la technologie et les outils

129

* Professeur en économie des retraites ; directeur, Pensions Institute, Cass Business School de Londres. Contact : D.Blake@city.ac.uk.

** Professeur de mathématiques financières, Department of Actuarial Mathematics and Statistics, université Heriot-Watt d'Édimbourg. Contact : A.J.G.Cairns@hw.ac.u.

*** Directeur de l'équipe de gestion des risques du fonds de pension, Universities Superannuation Scheme. Contact : gcoughlan@uss.co.uk.

**** Professeur d'économie et de finance, Durham Business School.

Contact : kevin.dowd@outlook.com.

***** Professeur, université nationale de Chengchi à Taïwan.

Cet article est issu d'une version plus longue parue dans la revue *Journal of Risk and Insurance* : Blake D., Dowd K., Cairns A., MacMinn R. et Coughlan G. D. (2013), « The New Life Market », *Journal of Risk and Insurance*, vol. 80, n° 3, pp. 501-558.

nécessaires à la création d'un marché liquide et transparent (Loeys *et al.*, 2007). Ces dernières années, ces éléments manquants ont commencé à apparaître, notamment avec la première transaction sur instrument dérivé lié à la longévité entre la banque d'investissement JP Morgan et la compagnie d'assurances britannique Lucida, annoncée publiquement et exécutée en janvier 2008 (Lucida, 2008), ainsi qu'avec les diverses transactions similaires qui ont suivi sur les marchés de capitaux et des assurances.

Comme indiqué précédemment, la méthode traditionnelle pour transférer du risque de longévité repose sur les contrats d'assurance et de réassurance. Les transactions de type *buy-out* (rachats) des plans de pension qui se sont généralisées au Royaume-Uni depuis 2006 constituent un bon exemple. Ce segment du marché de la longévité rassemble les organismes assurant le versement de rentes viagères (assureurs), les fonds de pension et les réassureurs. Ces transactions impliquent le transfert de tous les risques, dont le risque de longévité et le risque d'investissement, du plan de retraite vers le secteur de l'assurance. Cet article passe en revue l'évolution récente du marché des risques biométriques, en mettant particulièrement l'accent sur le transfert du risque de longévité vers les marchés de capitaux. Dans la première partie, nous analysons les conditions requises pour le développement et la croissance d'un marché de capitaux. Nous étudions ensuite la première génération de solutions mises au point jusqu'ici pour couvrir les risques biométriques, à savoir l'émission d'obligations sur les marchés financiers (deuxième partie). Les leçons tirées de ces tentatives ont influencé la conception de la deuxième génération de solutions, à savoir l'échange de produits dérivés sur les marchés financiers. Plusieurs obstacles entravent néanmoins la poursuite du développement de ce marché naissant (troisième partie). La quatrième partie fait office de conclusion.

130

TRANSFERT DU RISQUE DE LONGÉVITÉ GLOBAL VERS LES MARCHÉS DE CAPITAUX

Création d'un nouveau marché de capitaux

Loeys *et al.* (2007) expliquent les conditions nécessaires à la création d'un nouveau marché de capitaux performant : « Ce marché doit apporter une couverture efficace contre un risque économiquement important et qui ne peut pas être couvert par des instruments existants sur le marché, et il doit utiliser un contrat homogène et transparent pour permettre les échanges entre les agents. » Ils affirment que « le risque de longévité répond aux conditions de base pour la création et la nécessité d'un nouveau marché florissant ». Nous allons examiner ces conditions plus en détail.

Couverture efficace

Il existe plusieurs façons d'agir face à l'exposition au risque de longévité :

- accepter le risque de longévité comme risque légitime et espérer obtenir une prime de risque en compensation ;
- partager le risque de longévité, par exemple en demandant aux membres du plan de retraite de travailler plus longtemps, en plafonnant les cotisations du promoteur du plan, en demandant la hausse des cotisations des membres si les coûts de la hausse de la longévité dépassent le plafond, ou en vendant des rentes avec participation dont les paiements sont recalculés en fonction du taux de mortalité ;
- assurer/réassurer le risque ;
- titriser le risque ;
- gérer ou couvrir le risque de longévité en échangeant sur le marché financier des instruments liés à la longévité¹.

Pour garantir sa viabilité à long terme, il est essentiel qu'un instrument échangé sur le marché financier réponde aux besoins des acheteurs de couverture (*hedgers*) et des spéculateurs (*traders*). Les premiers demandent une couverture efficace, tandis que les derniers exigent de la liquidité. Les contrats standardisés favorisent la liquidité. Moins il y a de contrats standardisés négociés, plus le potentiel de liquidité de chaque contrat est élevé, mais moins la couverture est efficace. Il faut par conséquent faire un important compromis afin que le nombre de contrats standardisés négociés apporte à la fois une couverture efficace et la liquidité souhaitée.

Pour atteindre le niveau de liquidité souhaité, le marché de la longévité devra probablement adopter des indices de mortalité basés sur la population nationale comme outils principaux du transfert du risque de longévité. Toutefois, les acheteurs de couverture potentiels, tels que les compagnies d'assurance-vie et les fonds de pension, sont confrontés à une exposition qui est spécifique à leurs propres assurés et membres : le risque peut, par exemple, être concentré dans certains groupes socioéconomiques ou certains individus tels que les dirigeants de la société initiant le plan. Apporter une couverture basée sur les indices de mortalité de la population signifie que les compagnies d'assurance-vie et les fonds de pension seront confrontés à un risque de base si leur exposition au risque de longévité diffère de la longévité de la population nationale². C'est sur ce point que s'opposent les couvertures du risque de longévité liées à des indices et les couvertures sur mesure.

Les deux principaux facteurs qui influencent les écarts de mortalité sont l'âge et le sexe. Le statut socioéconomique est un troisième facteur important qui prend en compte certains aspects du mode de vie tels que

le tabagisme, l'exercice physique et l'alimentation. S'il existe des données officielles publiques sur les tendances de mortalité selon l'âge et le sexe au sein des populations nationales, on ne dispose d'aucunes données liées au statut socioéconomique. Les indices de mortalité de la population ne seront donc répartis qu'en fonction de l'âge et du sexe. Ces indices suffiront tout de même à minimiser le risque de base au fil du temps si les taux de mortalité des différents groupes socioéconomiques évoluent également dans le temps selon une tendance similaire. Coughlan *et al.* (2007a et 2011) montrent que même si les corrélations entre les taux de mortalité des différents groupes socioéconomiques sont peu élevées sur une base annuelle en raison du bruit de fond d'une année sur l'autre, ces corrélations sont très élevées lorsqu'on en fait la moyenne sur la période de dix ans la plus pertinente pour l'acheteur de couverture. Cela signifie que le risque de base lié à l'utilisation des taux de mortalité d'une population se révèle faible sur la période de couverture pertinente pour les compagnies d'assurance-vie et les fonds de pension. Ainsi, les instruments de couverture basés sur les indices de mortalité nationaux peuvent, en principe, apporter une couverture efficace. Cette couverture restera toutefois imparfaite en raison du risque de base résiduel.

Importance économique

Pour justifier la création d'un marché de capitaux du transfert de risque de longévité, les besoins collectifs des usagers doivent être suffisamment importants. Un certain nombre d'institutions ont une position de longévité courte dans le sens où leurs engagements augmentent si la longévité augmente. Il s'agit des compagnies d'assurance-vie qui vendent des rentes viagères, des fonds de pension, et de l'État par l'intermédiaire de son plan de retraite et des plans de retraite de ses propres employés. Swiss Re estime l'exposition globale à environ 21 000 Md\$ (Burne, 2011).

D'autres institutions ont une position « longue » dans le sens où leurs engagements diminuent ou leurs revenus augmentent si la longévité augmente. Il s'agit des compagnies d'assurance-vie qui vendent des contrats d'assurance-vie temporaires et entiers, des entreprises pharmaceutiques qui vendent des médicaments aux personnes âgées, des établissements de soins de longue durée et des régions telles que la Floride qui attirent une population riche et âgée et bénéficient ainsi des impôts payés par ces résidents (White, 2002).

Parmi toutes ces entités, ce sont les compagnies d'assurance-vie et les fonds de pension qui sont les plus susceptibles de bénéficier de la création d'un marché de la longévité. Néanmoins, un marché doit trouver le juste équilibre entre l'offre et la demande d'instruments liés

à la longévité : cet équilibre influencera la taille globale du marché ainsi que le prix de marché du risque de longévité. Collectivement, les compagnies d'assurance-vie et les fonds de pension ont une position nette en longévité qui est courte et doivent proposer une prime de risque pour inciter les investisseurs à prendre les positions longues requises. En d'autres termes, les acheteurs de couverture – fournisseurs de rentes viagères et fonds de pension – doivent payer une prime de risque adéquate pour se délester du risque de longévité qu'ils assument actuellement.

Les fournisseurs de rentes viagères et de plans de retraite peuvent déjà, comme nous l'avons expliqué précédemment, vendre leurs engagements par le biais de contrats d'assurance, mais le coût de la vente du risque de longévité est regroupé avec les coûts de la vente des autres risques. Ce manque de transparence a souvent donné l'impression que l'assurance était une option coûteuse pour les plans de retraite. En réalité, les indicateurs communément utilisés par le secteur des retraites pour mesurer les engagements de retraite (notamment les indicateurs de comptabilité et de financement) ne sont simplement pas réalistes sur le plan économique et ne reflètent pas le coût réel des engagements et des risques associés. Les marchés de capitaux facilitent déjà la dissociation des risques, améliorent la transparence et sensibilisent les institutions gérant des plans de retraite et leurs conseils quant au coût réel du risque de longévité.

Le recours aux marchés de capitaux pourrait permettre de résoudre un autre problème structurel : le problème de la capacité. Même s'il s'est considérablement développé, le secteur de l'assurance et de la réassurance ne dispose actuellement pas des capacités, ni des capitaux suffisants pour assumer ces risques. Si l'ensemble du marché des plans de retraite à prestations prédéfinies au Royaume-Uni souhaitait effectuer une opération de *buy-out* au cours des deux prochaines années, il n'y aurait simplement pas assez de capacités d'assurance et de réassurance disponibles globalement. Aussi, les marchés de capitaux pourraient amener de nouveaux investisseurs sur le marché et ces investisseurs pourraient apporter de nouveaux capitaux *via* de nouveaux outils pour assumer le risque de longévité et les autres risques liés aux plans de retraite.

L'implication des marchés de capitaux permettra de réduire le coût de la gestion du risque de longévité et devrait en effet conduire à un accroissement des capacités ainsi qu'à une plus grande transparence des prix (grâce aux activités des arbitragistes³) et une plus grande liquidité (grâce aux activités des spéculateurs). Ces conditions devraient éveiller l'intérêt des fonds spéculatifs, des fonds de dotation, des fonds souverains, des gestionnaires de patrimoine et autres investisseurs recher-

chant des catégories d'actifs faiblement corrélées avec les actifs financiers existants. Les actifs liés à la longévité répondent naturellement à ces critères.

Les gouvernements pourraient à la fois encourager et faciliter le développement de ce marché. Ils ont un rôle important à jouer dans le maintien de la stabilité du système financier et dans la mise en place d'infrastructures permettant de soutenir la population vieillissante par le biais d'un système de retraite équitable et adéquat. À ce titre, ils pourraient également jouer le rôle d'une fonction d'amorçage, comme l'a affirmé il y a quelques années UK Pensions Commission (2005). Ils pourraient émettre des obligations longévité (cf. quatrième partie) pour créer une structure par terme sans risque pour la prime de risque de longévité, comme c'est déjà le cas pour le marché des obligations liées à l'inflation et la prime de risque d'inflation. Des émissions régulières d'obligations indexées sur la longévité – même de petite taille – permettraient d'établir des prix de référence pour catalyser le développement du marché, en plus d'apporter de la valeur en tant qu'instruments de couverture. Qualifié au Royaume-Uni de « queue de distribution toxique » du secteur des rentes, le groupe d'âge des plus de quatre-vingt-dix ans est particulièrement préoccupant, puisqu'il s'agit de personnes qui vivent bien plus longtemps que prévu. Il a été suggéré que le gouvernement britannique pourrait notamment apporter son soutien en vendant des rentes différées pour les personnes âgées de quatre-vingt-dix ans et plus⁴. Cela impliquerait une forme de partage des risques entre l'État et le secteur privé. La contribution de l'État pour couvrir le risque de longévité global consisterait à émettre ces instruments, en laissant le secteur privé (compagnies d'assurance-vie et marchés de capitaux) concevoir de meilleurs produits de rentes et gérer le risque de longévité jusqu'à quatre-vingt-dix ans. Du point de vue du marché financier, le principal avantage d'un instrument indexé sur la longévité émis par l'État serait de constituer une référence liquide et standardisée permettant de fixer le prix sans risque du risque de longévité à différentes échéances.

Inefficacité des instruments de couverture existants

Il serait inutile de créer une nouvelle catégorie d'instruments de couverture pour couvrir le risque de longévité si ce risque pouvait être couvert par des instruments financiers existants. Loeys *et al.* (2007) ont examiné les corrélations entre l'évolution de la mortalité sur cinq ans aux États-Unis et au Royaume-Uni et les rendements des actions et des obligations aux États-Unis et au Royaume-Uni. Ils ont montré que ces

corrélations ne sont pas significativement différentes de zéro. Ils en concluent que « les marchés existants n'offrent aucune couverture efficace contre les risques de longévité et de mortalité ».

Instruments homogènes et transparents

Une dernière condition est nécessaire au succès d'un marché de capitaux. Il faut que les instruments négociés soient homogènes et transparents. Dans les quatrième et cinquième parties (*infra*), nous analysons les succès et les échecs des tentatives menées jusqu'à ce jour pour créer un marché de capitaux pour le transfert du risque de longévité. Avant cela, nous examinons brièvement le processus d'évolution des marchés.

Évolution des marchés de capitaux

Selon Richard Sandor, directeur du Chicago Climate Exchange, l'évolution d'un marché comporte sept étapes. Celles-ci sont présentées dans le tableau 1. Dans les quatrième et cinquième parties de l'article, nous évaluons à quelle étape se trouve actuellement le marché de la longévité.

Tableau 1
Les sept étapes de l'évolution d'un marché selon Richard Sandor

135

Numéro	Étape
1	Changement structurel qui stimule la demande de capital
2	Mise en place de normes uniformes pour un produit/titre
3	Introduction d'instruments juridiques faisant office de titres de propriété
4	Développement de marchés au comptant et à terme informels
5	Émergence d'échanges formels
6	Introduction de marchés de contrats à terme et d'options organisés
7	Prolifération des marchés de gré à gré, déstructuration

Source : Sandor (1994 et 2003).

TRANSFERT DU RISQUE VERS LES MARCHÉS DE CAPITAUX : PREMIÈRE GÉNÉRATION DE SOLUTIONS

Obligations indexées sur la mortalité

Les obligations indexées sur la mortalité sont des titres à court terme échangés sur le marché dont la rémunération est liée à un indice de mortalité. Elles sont similaires aux obligations catastrophe liées aux séismes et aux tempêtes. À ce titre, elles sont conçues pour couvrir le risque de mortalité (ou risque de mort prématurée) plutôt que le risque de longévité – sujet principal de cet article –, mais elles figurent dans

cet article par souci d'exhaustivité en tant qu'exemples majeurs de réussite d'un instrument de marché pour le transfert des risques biométriques.

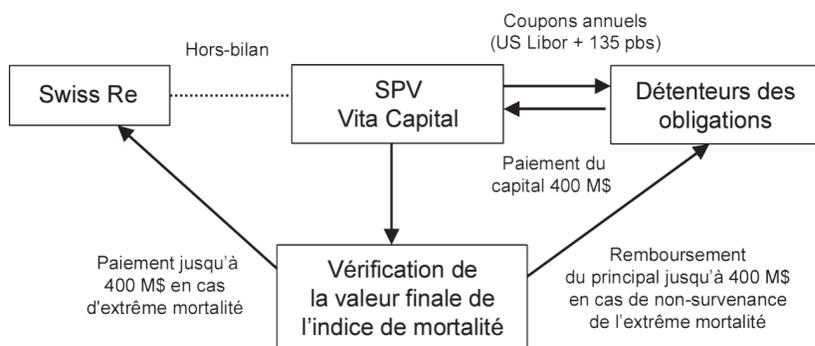
La première obligation de ce type a été émise par Swiss Re, sous le nom de Vita I, en décembre 2003. Elle était conçue pour titriser l'exposition de Swiss Re au risque de mortalité. Vita I était une obligation à trois ans, arrivant à échéance le 1^{er} janvier 2007, qui permettait à l'émetteur de réduire son exposition au risque de mortalité extrême en cas de grave pandémie de grippe, d'attaque terroriste de grande ampleur impliquant des armes de destruction massive, ou de catastrophe naturelle. L'indice de mortalité était pondéré comme suit :

- États-Unis (70 %), Royaume-Uni (15 %), France (7,5 %), Italie (5 %), Suisse (2,5 %) ;
- hommes (65 %), femmes (35 %) ;
- diverses tranches d'âge.

Si au cours d'une seule année calendaire, l'indice de mortalité combiné dépassait 130 % de l'indice de référence de 2002, le capital de 400 M\$ était réduit. Si cet indice dépassait 150 %, le capital était épuisé. Cela correspondait à un *spread* d'option d'achat sur l'indice de mortalité avec un prix d'exercice inférieur de 130 % et un prix d'exercice supérieur de 150 %. En compensation du risque pesant sur leur capital, les investisseurs recevaient un coupon trimestriel égal au taux Libor USD à 3 mois + 135 points de base (cf. schéma 1 et graphique 1 ci-contre).

136

Schéma 1
Structure de l'obligation Swiss Re indexée à un indice de mortalité



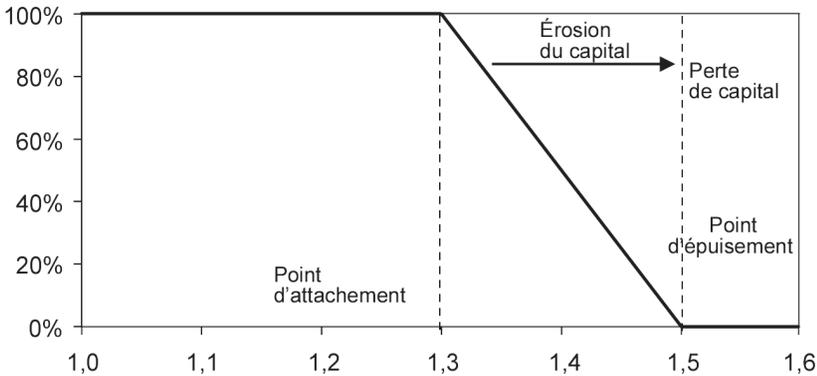
Source : Blake *et al.* (2006a, fig. 2).

L'obligation a été évaluée par Beelders et Colarossi (2004) selon la théorie des valeurs extrêmes. Sur la base de la distribution de Pareto généralisée, les auteurs ont estimé la probabilité d'atteindre le seuil de déclenchement (soit $\text{Prob}[MI(t) > 1,3 MI(2002)]$ où $t = 2004, 2005$ ou 2006) à 0,33 %, et la probabilité d'atteindre le seuil d'épuisement (soit

Prob[MI(t) > 1,5 MI(2002)] à 0,15 %. La perte prévue était estimée à 22 points de base (pdb), soit un résultat inférieur à la prime de risque de 135 pdb versée aux investisseurs. Les principaux investisseurs étaient des fonds de pension. Pour eux, cette obligation offrait à la fois un rendement attractif et une bonne couverture : en cas d'événement de mortalité catastrophique au cours de la durée de vie de l'obligation, le capital de l'obligation aurait été réduit, tout comme l'auraient été les versements effectués aux bénéficiaires de rentes également victimes de la catastrophe.

Graphique 1
Risque sur le capital de l'obligation Swiss Re
indexée à un indice de mortalité

(remboursement du principal en fonction de l'indice de mortalité)



Source : adapté de Blake *et al.* (2006a, fig. 1).

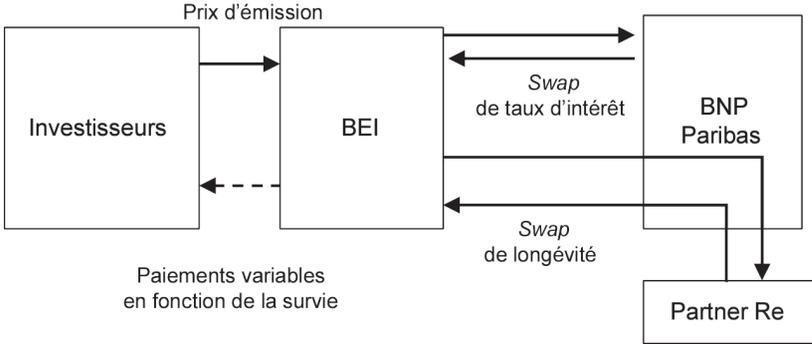
Cette obligation a rencontré un franc succès et a conduit à l'émission de nouvelles obligations à des conditions beaucoup moins favorables pour les investisseurs.

Obligations indexées sur la longévité

L'une des premières tentatives de création d'un marché d'instruments indexés sur la longévité fut une proposition d'émission d'obligations à long terme indexées sur la longévité (*survivor bonds*) formulée il y a plus de dix ans (voir, par exemple, Blake et Burrows, 2001 et Blake *et al.*, 2006b). Il s'agissait d'obligations perpétuelles sans remboursement du principal dont le montant du coupon diminuait proportionnellement à un indice de mortalité, basé, par exemple, sur la population de personnes âgées de soixante-cinq ans à la date de l'émission. À mesure que les membres de cette cohorte de population décèdent, le montant du coupon diminue, mais continue à être versé pendant une durée déterminée (obligations longévité) ou jusqu'à ce que l'ensemble des membres de la cohorte

soient décédés (obligations *survivor*). Par exemple, si au bout d'un an, 1,5 % des membres de la population de référence sont décédés, le montant du coupon de la deuxième année sera égal à 98,5 % du montant de la première année, etc.

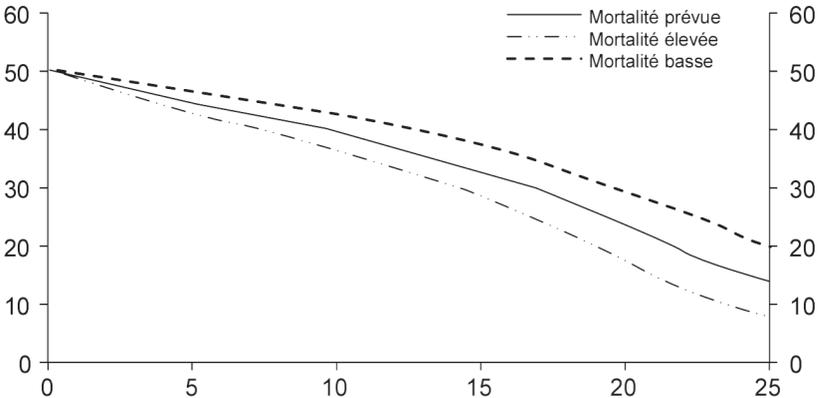
Schéma 2
Structure de l'obligation longévité
de la Banque européenne d'investissement (BEI)



Source : adapté de Blake *et al.* (2006a, fig. 4).

138

Graphique 2
Coupons de l'obligation longévité de la BEI
 (flux de trésorerie des obligations en M£)



Source : Government Actuary's Department (GAD), Royaume-Uni.

La première tentative d'émission d'une obligation indexée sur la longévité remonte à novembre 2004, lorsque la BEI a tenté de lancer une émission d'obligations longévité à vingt-cinq ans à hauteur de 540 M£ avec un coupon initial de 50 M£. L'indice de mortalité de référence était basé sur la population d'hommes âgés de soixante-

cinq ans en Angleterre et au Pays de Galles, selon les chiffres du GAD du Royaume-Uni. Le structureur/gérant était la banque française BNP Paribas qui assumait le risque de longévité, mais qui le réassurait par l'intermédiaire de Partner Re, groupe basé aux Bermudes (cf. schéma 2 ci-contre). Les investisseurs ciblés étaient les fonds de pension du Royaume-Uni. Le graphique 2 (ci-contre) montre l'évolution du coupon attaché à l'obligation : si la mortalité est inférieure aux prévisions du GAD, le coupon attaché à l'obligation baissera moins que prévu, et inversement. Le détenteur de l'obligation, par exemple un fonds de pension qui verse des pensions à des travailleurs retraités, est par conséquent protégé du risque de longévité global auquel il est confronté.

Problèmes rencontrés

Après un an d'efforts de commercialisation, l'obligation longévité de la BEI a été retirée du marché, n'ayant pas suscité une demande suffisante pour être lancée. Plusieurs raisons ont conduit à son retrait : des problèmes de conception qui rendaient la couverture du risque de longévité imparfaite, des problèmes de prix, des problèmes institutionnels et des problèmes d'information. Nous allons examiner ces problèmes l'un après l'autre.

139

Problèmes de conception

L'obligation de la BEI présentait plusieurs défauts de conception. Le risque de base lié à l'obligation était jugé trop important. L'indice de mortalité lié à l'obligation reposait sur une seule cohorte d'hommes âgés de soixante-cinq ans au sein de la population nationale d'Angleterre et du Pays de Galles. Même si cela permettait d'apporter une couverture raisonnable pour les membres des plans de retraite sexagénaires de sexe masculin, les plans de retraite comptent également des membres septuagénaires et octogénaires ainsi que des femmes.

Problèmes de prix

La prime de risque de longévité intégrée au prix initial de l'obligation de la BEI était fixée à 20 pdb (Cairns *et al.*, 2005). S'agissant de la toute première obligation de ce type lancée sur le marché, les investisseurs ne savaient pas vraiment si ce chiffre était adéquat. Des inquiétudes existaient quant au fait que le capital initial était trop important par rapport aux risques couverts par l'obligation, ne laissant aucun capital pour couvrir les autres risques. En plus de couvrir le risque de taux d'intérêt, cette obligation couvrait le risque de longévité, mais la rémunération liée à l'obligation se faisait en termes nominaux et le risque d'inflation n'était donc pas couvert.

Problèmes institutionnels

Plusieurs problèmes institutionnels n'ont pas pu être résolus par les concepteurs de l'obligation à BNP Paribas. Tout d'abord, le volume de l'émission était trop petit pour créer un marché liquide : les teneurs de marché n'ont pas accueilli cette obligation avec intérêt, pensant que le nombre de détenteurs serait restreint et que les échanges ne permettaient pas de gagner de l'argent.

Par ailleurs, BNP Paribas n'a pas assez largement consulté les investisseurs potentiels, ni leurs conseils avant d'annoncer l'émission de cette obligation. Les conseils hésitaient à la recommander aux gestionnaires des plans de retraite. Ils saluaient l'introduction d'une couverture du risque de longévité, mais n'aimaient pas l'idée que cette couverture soit attachée à une obligation. En effet, quelque peu suspicieux à l'égard des solutions de couverture liées aux marchés financiers, ils privilégiaient le recours aux contrats d'assurance, notamment les opérations de *buy-out*. En d'autres termes, les conseils et les gestionnaires étaient habitués à gérer le risque par le biais de contrats d'assurance qui éliminaient totalement le risque concerné et n'étaient pas encore à l'aise avec les couvertures *via* les marchés financiers, porteuses d'un risque de base résiduel. À l'époque, les gestionnaires de fonds n'avaient pas de mandat pour la gestion du risque de longévité et ne voyaient eux-mêmes aucune raison de détenir de telles obligations.

140

Le réassureur Partner Re n'était pas perçu comme un détenteur naturel du risque de longévité au Royaume-Uni. Cela s'est révélé être un point assez important, étant donné que l'on a découvert qu'aucun réassureur britannique ou européen n'était disposé à fournir une couverture pour ces obligations. Le réassureur Partner Re lui-même n'a consenti à couvrir une émission que dans la limite de 540 M£.

Problèmes d'information

Le concept d'obligation liée à la longévité était un tout nouveau concept, totalement inconnu de la plupart des acteurs du marché. Pour que l'émission soit une réussite, il aurait fallu un effort d'information considérable concernant tous les enjeux mentionnés précédemment, notamment la structure, le risque de base, l'efficacité de la couverture et la liquidité. Ce processus d'information aurait dû être suffisamment large pour couvrir l'ensemble du secteur et impliquer les promoteurs des plans à prestations déterminées, les gestionnaires, les conseils en investissements, les actuaires des régimes et les assureurs.

Les leçons à en tirer

L'obligation de la BEI était une idée très innovante et son échec est décevant. Néanmoins, cet échec a permis de tirer de précieuses leçons, notamment concernant les indices de mortalité et les prévisions de mortalité.

Indices de mortalité

Les flux de trésorerie réels découlant de l'obligation de la BEI auraient été liés au taux de mortalité des hommes âgés de soixante-cinq ans en Angleterre et au Pays de Galles. Cette seule référence de mortalité était jugée insuffisante pour apporter une couverture efficace. Il est rapidement devenu évident qu'il fallait un éventail d'indices de mortalité sur la base desquels les instruments du marché financier pourraient être négociés. Une première tentative a été mise en œuvre en 2005 avec l'indice de longévité du Crédit suisse (basé sur la population des États-Unis). Toutefois, cet indice manquait de transparence et n'a pas fait l'objet d'une promotion active par Crédit suisse.

Le lancement des indices LifeMetrics en mars 2007 par JP Morgan en collaboration avec Pensions Institute, et Towers Watson fut au contraire un franc succès⁵. Ces indices sont constitués de données accessibles publiquement portant sur le taux de mortalité au sein de populations nationales réparties par âge et par sexe. Les données actuelles et passées sont disponibles et les indices sont mis à jour pour coïncider avec la publication officielle des données. Ils couvrent des pays clés, le Royaume-Uni, les États-Unis, les Pays-Bas et l'Allemagne, où le risque de longévité est perçu comme un enjeu économique majeur. En lançant les indices LifeMetrics, JP Morgan a reconnu l'importance critique de l'information et a fourni gratuitement au secteur des ressources incluant de la documentation, des logiciels, des données et des présentations.

En mars 2008, le département Market Data & Analytics de la Deutsche Börse a suivi l'exemple de JP Morgan et a commencé à publier des indices mensuels (indices Xpect) portant sur la mortalité et l'espérance de vie, ayant pour objectif de « contribuer à la titrisation des risques liés aux assurances-vie et aux retraites ou de servir de base pour d'autres produits financiers ». Ces indices sont publiés pour l'Allemagne et ses régions, les Pays-Bas, l'Angleterre et le Pays de Galles. En mars 2012, la Deutsche Börse s'est associée à Club Vita, une entreprise britannique de collecte et d'analyse de données sur la longévité, pour lancer une série d'indices de longévité (Xpect – Club Vita) en vue de faciliter la couverture du risque de longévité des petits plans de retraite.

En octobre 2012, RMS (Risk Management Solutions) a lancé une série d'indices de mortalité et de modèles *via* une plate-forme baptisée RMS LifeRisks. Les deux principaux modèles sont le modèle RMS Risque de longévité et le modèle RMS Risque de mortalité excessive en cas de pandémie, d'attaque terroriste ou de catastrophe naturelle. Cette plate-forme permet aux compagnies d'assurance-vie et aux fonds de pension au Royaume-Uni, aux États-Unis, en France, en Allemagne, aux Pays-Bas et au Canada de modéliser et de gérer leur exposition aux risques de longévité et de mortalité, en prenant en compte les recherches médicales récentes et les prévisions en termes d'évolution sociale.

La disponibilité de ces indices devrait grandement faciliter le développement du marché des risques biométriques étant donné qu'ils sont calculés objectivement (par un acteur indépendant et soumis à la surveillance d'un comité consultatif international), transparents (les sources des données et les méthodes de calcul sont intégralement divulguées) et pertinents (ils sont disponibles par pays, âge et sexe, et des instruments de couverture des risques biométriques efficaces peuvent être conçus à partir de ces indices). Ce point de vue est soutenu par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) qui a réalisé une étude sur la gestion du risque de longévité, qui recommande aux gouvernements de publier des indices officiels d'espérance de vie.

142

Modèles de prévision de la mortalité

Les flux de trésorerie découlant de l'obligation de la BEI dépendaient des prévisions relatives à la mortalité future des hommes âgés de soixante-cinq ans en Angleterre et au Pays de Galles. Ces prévisions étaient établies par le GAD, mais le modèle utilisé pour obtenir ces prévisions n'a pas été publié. Les prévisions elles-mêmes ont été ajustées à la suite de l'avis d'un expert selon une méthode qui n'a pas été communiquée. Il fallait donc, en plus d'indices de mortalité transparents, des modèles stochastiques de prévision de la mortalité plus transparents.

Ce manque a été comblé au cours des années suivantes par plusieurs chercheurs qui ont mis au point et publié différents modèles de prévision et par la fourniture d'un logiciel transparent par JP Morgan *via* sa plate-forme LifeMetrics ainsi que par le groupe Continuous Mortality Investigation (CMI) de l'association des actuaires britanniques.

Titres assurantiels courts indexés sur la longévité

En décembre 2010, s'appuyant sur le succès du programme Vita Capital et mettant à profit les leçons de l'échec de l'obligation de la BEI, Swiss Re a lancé une série de titres assurantiels (*insurance-linked securities*) indexés sur la longévité pour un montant de 50 M\$ et une échéance de huit ans. À cette fin, elle a eu recours à une structure *ad hoc*

(*special purpose vehicle* – SPV), Kortis Capital, basée aux îles Caïmans. Sur le même principe que les obligations indexées sur la mortalité, les titres indexés sur la longévité sont conçus pour couvrir l'exposition de Swiss Re au risque de longévité⁶.

Les détenteurs de ces titres sont exposés au risque d'une hausse de l'écart entre l'amélioration du taux de mortalité annualisée des hommes âgés de soixante-quinze à quatre-vingt-cinq ans en Angleterre et au Pays de Galles et l'amélioration correspondante chez les hommes âgés de cinquante-cinq ans à soixante-cinq ans aux États-Unis. L'évolution des taux de mortalité sera calculée sur huit années, du 1^{er} janvier 2009 au 31 décembre 2016. Les titres arrivent à échéance le 15 janvier 2017, avec une option permettant de prolonger cette échéance jusqu'au 15 juillet 2019. Le capital sera réduit si la valeur de l'indice d'écart de longévité (*longevity divergence index value* – LDIV) dépasse le seuil de déclenchement de 3,4 % au cours de la période concernée. Le seuil d'épuisement, à partir duquel le capital n'est plus remboursé, s'élève à 3,9 %. Le principal sera réduit en fonction du facteur de réduction du principal (*principal reduction factor* – PRF) si la LDIV se situe entre 3,4 % et 3,9 %.

La LDIV est calculée comme suit. Admettons que $m^y(x,t)$ représente le taux de mortalité des hommes à un âge x au cours de l'année t dans le pays y , défini comme le rapport entre les décès et la population totale pour l'âge et l'année concernés. Les améliorations du taux de mortalité annualisée sur n années sont calculées comme suit :

143

$$\text{Amélioration}_n^y(x,t) = 1 - \left[\frac{m^y(x,t)}{m^y(x,t-n)} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

L'indice d'amélioration du taux de mortalité annualisée pour chaque tranche d'âge est calculé en faisant la moyenne de l'amélioration du taux de mortalité annualisée pour chaque âge de la tranche d'âge :

$$\text{Indice}(y) = \frac{1}{1 + x_2 - x_1} \sum_{x=x_1}^{x=x_2} \text{Amélioration}_n^y(x,t) \quad (2)$$

La LDIV est calculée comme suit :

$$\text{LDIV} = \text{Indice}(y_2) - \text{Indice}(y_1) \quad (3)$$

où y_2 représente la population âgée de soixante-quinze ans à quatre-vingt-cinq ans en Angleterre et au Pays de Galles et y_1 représente la population âgée de cinquante-cinq ans à soixante-cinq ans aux États-Unis. Le PRF est calculé comme suit :

$$\text{PRF} = \frac{\text{LDIV} - \text{Point de fixation}}{\text{Plafond} - \text{Point de fixation}}$$

Le produit de la vente des titres a été déposé dans un compte de garantie auprès de la Banque internationale pour la reconstruction et le développement (BIRD) notée AAA. S'il se produit une hausse plus importante que prévu de l'écart entre l'amélioration du taux de mortalité des hommes âgés de soixante-quinze à quatre-vingt-cinq ans en Angleterre et au Pays de Galles et l'amélioration du taux de mortalité des hommes âgés de cinquante-cinq à soixante-cinq ans aux États-Unis, une partie des garanties seront vendues pour effectuer un paiement à Swiss Re. Par conséquent, le capital des titres sera réduit. L'exposition au risque contre laquelle Swiss Re se couvre provient de différentes sources. Swiss Re est notamment la contrepartie d'un *swap* de longévité (*longevity survivor swap*) de 750 M£ avec le Royal County of Berkshire Pension Fund, exécuté en 2009. Elle est donc exposée au risque que les hommes âgés en Angleterre et au Pays de Galles vivent plus longtemps que prévu. Elle a également réassuré de nombreuses polices d'assurance-vie aux États-Unis et est exposée au risque que les hommes d'âge moyen aux États-Unis meurent plus tôt que prévu. Les titres indexés sur la longévité apportent une couverture partielle pour ces deux expositions et permettront à Swiss Re de réduire son capital Solvabilité II.

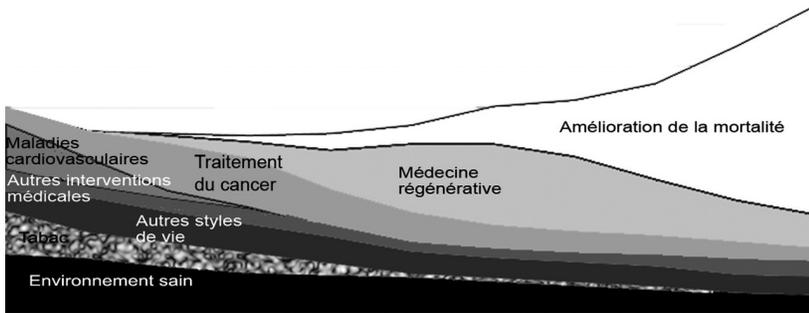
144

Standard & Poor's a donné à ces titres la note de BB+ qui prend en compte la possibilité que les investisseurs ne récupèrent pas l'intégralité de leur capital. Cette note a été déterminée à l'aide de deux modèles mis au point par RMS, qui a été retenu pour effectuer les calculs pour la documentation officielle du titre.

Le premier modèle est le modèle RMS de longévité. Il s'agit du modèle de base utilisé pour prévoir la mortalité et les variations de la mortalité dans des conditions normales, en l'absence d'événements de mortalité extrême. Ces prévisions dépendent de plusieurs facteurs individuels d'amélioration de la mortalité, baptisés « *vitagion* » par RMS (cf. graphique 3 ci-contre). Les cinq facteurs pris en compte par RMS sont les modes de vie, l'environnement sanitaire, l'intervention médicale, la médecine régénérative, telle que la recherche sur les cellules-souches, la thérapie génique et la nanomédecine et le retardement du vieillissement, incluant le raccourcissement des télomères et la restriction calorique. RMS prévoit le taux de mortalité annuel lié à chaque facteur dans le modèle de base afin de déterminer la probabilité de référence de défaut des titres.

Le second modèle est le modèle RMS des maladies infectieuses. Il est utilisé pour estimer la mortalité additionnelle provoquée par l'apparition de certaines maladies infectieuses, comme une pandémie de grippe. Une telle épidémie serait probablement le principal motif pour lequel le seuil de déclenchement serait atteint au cours de la durée de vie de ces titres.

Graphique 3
Amélioration du taux de mortalité



Note : la modélisation structurelle de l'amélioration de la mortalité liée à la médecine se base sur l'échelonnement, l'ampleur et l'impact des différentes phases des progrès de la médecine.

Source : RMS (2010), « Longevity Risk ».

Le tableau 2 montre les probabilités de pertes estimées à l'aide des modèles RMS. Le tableau 3 montre les probabilités de dépassement estimées.

Tableau 2
Probabilités de pertes estimées pour les titres Swiss Re indexés sur la longévité

	Cumulées	Annualisées sur 6 ans
Probabilités de déclenchement	5,31 %	0,88 %
Probabilités d'épuisement	1,81 %	0,30 %
Pertes estimées	3,27 %	0,55 %

Source : Standard & Poor's.

Tableau 3
Probabilités de dépassement estimées pour les titres Swiss Re indexés sur la longévité

Facteur de réduction du capital	Probabilités de dépassement annualisées sur 6 ans
100 %	0,30 %
80 %	0,38 %
60 %	0,47 %
40 %	0,58 %
20 %	0,72 %
0 %	0,88 %

Source : Standard & Poor's.

En compensation du risque pesant sur leur capital, les investisseurs reçoivent un coupon trimestriel égal au taux Libor USD à trois mois plus une marge. Pour la première fois, le risque que les individus vivent plus longtemps que prévu est négocié sous forme d'une obligation. Si ces titres peuvent résoudre les problèmes de données et de modélisation mentionnés précédemment, et par conséquent générer de la liquidité, cela constituerait une avancée majeure pour le marché de la longévité. Les investisseurs étaient jusqu'ici réticents à détenir le risque de longévité à long terme, mais les titres à court terme pourraient rendre ce risque plus acceptable.

Rentes souveraines

En 2011, le gouvernement irlandais a passé une loi visant à instaurer des rentes souveraines. Cette décision répondait à une demande de l'Association of Pension Funds et de la Society of Actuaries in Ireland. Selon l'Irish Pensions Board : « Une rente souveraine est un contrat de rentes émis par une compagnie d'assurances dont le paiement du revenu annuel est directement lié aux paiements liés aux obligations émises par l'Irlande ou tout autre pays membre de l'Union européenne (obligations de référence). Les rentes souveraines peuvent uniquement être achetées par les gestionnaires des plans de retraite professionnelle (à prestations prédéfinies et à cotisations définies). »⁷ Si les obligations sont achetées par des fonds de pension irlandais, cela aura un effet bénéfique sur la façon dont les engagements de retraite sont valorisés selon la norme de financement irlandaise.

146

Nouvelles obligations indexées sur la longévité

Nous terminons cette partie par un second exemple de tentative ratée d'émission d'obligations indexées sur la longévité.

En 2006, la Banque mondiale a consulté l'autorité de réglementation des assurances du Chili, la Superintendencia de Valores y Seguros (SVS), au sujet de la couverture du risque de longévité (Zelenko, 2011). La SVS a témoigné de sa volonté de promouvoir la gestion du risque de longévité et de fournir un allègement explicite des exigences de fonds propres aux assureurs couvrant ce risque. Une étude initiale de faisabilité a alors été effectuée en 2008, avec la participation de BNP Paribas, mais le projet n'a pas abouti en raison du coût élevé de la structure proposée pour l'obligation indexée sur la longévité émise par la Banque mondiale. La Banque mondiale s'est alors tournée vers l'équipe spécialiste de la longévité chez JP Morgan en 2009, qui a mis au point une structure plus rentable pour les obligations indexées sur la longévité à vingt-cinq ans conçues pour fournir une couverture efficace, avec un risque de base minimal, pour tous les assureurs du

Chili. Ces obligations indexées sur la longévité devaient être émises par une structure *ad hoc* garantie. Munich Re devait couvrir le risque de longévité de cette entité et JP Morgan gérer la disparité des flux de trésorerie entre les divers versements (Coughlan, 2009 ; Life and Pensions Risk, 2010).

Cette obligation, tout comme l'exemple précédent, fut confrontée à de nombreux obstacles et fut un échec. Les principaux obstacles étaient les suivants :

- la séparation entre les départements responsables de l'investissement et de l'actuariat chez les assureurs chiliens ne donnait aucune orientation claire quant au pouvoir de décision ;
- le risque de longévité était perçu par les assureurs comme peu important et ne nécessitait aucune couverture. Par conséquent, le coût était considéré comme relativement élevé, malgré l'allègement des exigences de fonds propres et le fait que le rendement de l'obligation était supérieur au rendement des titres d'État ;
- le risque de base était perçu comme légèrement trop élevé, même s'il était minimisé par l'indexation de l'obligation sur les rentes réelles.

*TRANSFERT DU RISQUE VERS LES MARCHÉS DE CAPITAUX :
DEUXIÈME GÉNÉRATION DE SOLUTIONS,
LES PRODUITS DÉRIVÉS*

147

L'échec des émissions d'obligations à long terme indexées sur la longévité a conduit à la réorientation des efforts de conception vers les produits dérivés.

Contrats à terme indexés sur la mortalité

Le premier produit dérivé visant à couvrir le risque de longévité a été mis en place sur les marchés financiers en janvier 2008. L'acheteur de couverture était l'assureur britannique Lucida PLC (Lucida, 2008 ; Symmons, 2008). Cet instrument était un contrat à terme indexé sur la mortalité (*q-forward*) lié à un indice de longévité basé sur le taux de mortalité des hommes en Angleterre et au Pays de Galles pour un éventail d'âges différents. La couverture, apportée par JP Morgan, était novatrice non seulement parce qu'elle impliquait un indice de longévité et un nouveau type de produits, mais également parce qu'elle était conçue comme une couverture de la valeur et non comme une couverture des flux de trésorerie. En d'autres termes, elle couvrait la valeur des engagements de rentes et non le paiement des rentes lui-même.

Un contrat à terme indexé sur le taux de mortalité est appelé « *q-forward* » car la lettre « q » est le symbole standard utilisé par l'actuariat pour désigner le taux de mortalité. Il s'agit de l'instrument

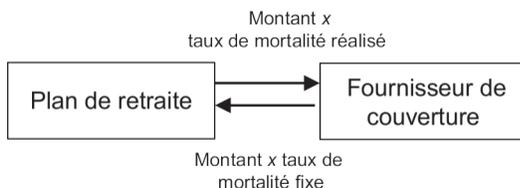
le plus simple permettant de transférer les risques de longévité et de mortalité (Coughlan *et al.*, 2007b).

L'importance des contrats *q-forward* repose sur le fait qu'ils forment une base à partir de laquelle d'autres produits dérivés liés à la longévité plus complexes peuvent être élaborés. Bien conçu, un portefeuille de contrats *q-forward* peut être utilisé pour répliquer et couvrir l'exposition au risque de longévité des engagements de retraite ou de rentes ou pour couvrir l'exposition au risque de mortalité d'un portefeuille d'assurance-vie.

Un contrat *q-forward* est un accord entre deux parties qui acceptent d'échanger un montant proportionnel au taux de mortalité réel réalisé d'une population donnée (ou sous-population) contre un montant proportionnel à un taux de mortalité fixe convenu mutuellement au moment de l'établissement du contrat et payable à une date ultérieure (l'échéance du contrat). Dans ce sens, un contrat *q-forward* est une opération d'échange (*swap*) d'un taux de mortalité fixe contre un taux de mortalité réalisé à l'échéance, comme l'illustre le schéma 3. La variable utilisée pour le règlement du contrat est le taux de mortalité réalisé pour une population donnée au cours d'une période future. Dans le cas de la couverture du risque de longévité d'un plan de retraite par le biais d'un contrat *q-forward*, le plan de retraite recevra le taux de mortalité fixe et paiera le taux de mortalité réalisé (verrouillant par conséquent le futur taux de mortalité qu'il devra payer, quelle que soit l'évolution des taux réels). La contrepartie à cette transaction, généralement une banque d'investissement, est dans la situation inverse : elle paie le taux de mortalité fixe et reçoit le taux réalisé.

148

Schéma 3
Contrat *q-forward* : échange d'un taux de mortalité fixe
contre un taux de mortalité réalisé à l'échéance du contrat



Source : Coughlan *et al.* (2007b, fig. 1).

Le taux de mortalité fixe selon lequel la transaction est effectuée définit le taux de mortalité à terme pour la population concernée. Si le contrat *q-forward* est évalué à son juste prix, aucun paiement ne change de mains au début du contrat, mais, à l'échéance, un paiement net sera effectué par l'une des deux contreparties (à moins que le taux fixe et le

taux réel de mortalité ne soient identiques). Le règlement qui intervient à l'échéance est basé sur le montant net payable. Il est proportionnel à la différence entre le taux de mortalité fixe (taux à terme) et le taux de référence réalisé. Si le taux de référence de l'année de référence est inférieur au taux fixe (impliquant une mortalité plus faible que prévu), alors le règlement est positif et le plan de retraite reçoit le paiement du règlement pour compenser l'augmentation de la valeur de ses engagements. Si, au contraire, le taux de référence est supérieur au taux fixe (impliquant une mortalité plus élevée que prévu), alors le règlement est négatif et le plan de retraite effectue le paiement du règlement au fournisseur de la couverture, paiement qui sera compensé par la diminution de la valeur de ses engagements. Ainsi, la valeur nette des engagements est verrouillée, quelle que soit l'évolution des taux de mortalité. Le plan de retraite est protégé contre toute évolution inattendue des taux de mortalité.

Le tableau 4 présente un exemple des modalités d'un contrat *q-forward* basé sur une population de référence d'hommes âgés de soixante-cinq ans en Angleterre et au Pays de Galles. Le paiement du contrat *q-forward* se base sur la valeur de l'indice LifeMetrics pour la population de référence à la date d'échéance du contrat. La transaction présentée ici est un contrat *q-forward* à dix ans débutant le 31 décembre 2008 et arrivant à échéance le 31 décembre 2018. Il est utilisé par le fonds de pension ABC Pension Fund pour couvrir son risque de longévité au cours des dix prochaines années. Le fournisseur de la couverture est JP Morgan. Il s'agit d'une « couverture directionnelle » qui aidera le fonds de pension à couvrir son risque de longévité tant que le taux de mortalité réel du fonds de pension et l'indice évolueront dans la même direction.

149

Tableau 4
Exemple des modalités d'un contrat *q-forward* unique
visant à couvrir le risque de longévité

Montant théorique	50 000 000 £
Date d'opération	31/12/2008
Date de prise d'effet	31/12/2008
Date d'échéance	31/12/2018
Année de référence	2017
Taux fixe	1,2000 %
Payeur du montant fixe	JP Morgan
Montant fixe	Montant théorique × taux fixe × 100
Taux de référence	Taux de mortalité LifeMetrics initial gradué des hommes âgés de 65 ans au cours de l'année de référence en Angleterre et au Pays de Galles Ticker Bloomberg : LMQMEW65 Index <GO >
Payeur du montant variable	ABC Pension Fund
Montant variable	Montant théorique × taux de référence × 100
Règlement	Règlement net = montant fixe – montant variable

Source : Coughlan *et al.* (2007b, tableau 1).

À la date d'échéance, JP Morgan (payeur du taux fixe ou vendeur de la protection contre le risque de longévité) verse à ABC Pension Fund (payeur du taux variable ou acheteur de la protection contre le risque de longévité) un montant lié au taux de mortalité fixe convenu au préalable de 1,2000 % (correspondant au taux de mortalité à terme convenu des hommes âgés de soixante-cinq ans en Angleterre et au Pays de Galles en 2018). En échange, ABC Pension Fund verse à JP Morgan un montant lié au taux de référence à la date d'échéance. Le taux de référence correspond à la valeur disponible la plus récente de l'indice LifeMetrics. Le règlement du 31 décembre 2018 sera par conséquent basé sur la valeur de l'indice LifeMetrics pour l'année de référence 2017, en raison du décalage de dix mois concernant la disponibilité des données officielles. Le montant du règlement correspond à la différence entre le montant fixe (qui dépend du taux à terme convenu) et le montant variable (qui dépend du taux de référence réalisé).

Le tableau 5 montre les montants de règlement pour quatre valeurs réalisées du taux de référence et un contrat théorique de 50 M£. Si le taux de référence en 2017 est inférieur au taux fixe (impliquant une mortalité plus faible que prévu au début du contrat), le montant de règlement est positif et ABC Pension Fund reçoit un paiement de JP Morgan qu'il peut utiliser pour compenser la hausse de ses engagements de retraite. Si le taux de référence dépasse le taux fixe (impliquant une mortalité plus élevée que prévu au début du contrat), le montant de règlement est négatif et ABC Pension Fund effectue un paiement à JP Morgan qui sera compensé par la baisse des engagements de retraite.

150

Tableau 5
Exemples de règlements d'un contrat *q-forward*
pour divers résultats du taux de référence réalisé

Taux de référence (taux réalisé)	Taux fixe	Montant théorique (en £)	Règlement (en £)
1,0000 %	1,2000 %	50 000 000	10 000 000
1,1000 %	1,2000 %	50 000 000	5 000 000
1,2000 %	1,2000 %	50 000 000	0
1,3000 %	1,2000 %	50 000 000	-5 000 000

Note : un règlement positif (négatif) signifie que l'acheteur de couverture reçoit (verse) le montant net du règlement.

Source : Coughlan *et al.* (2007b, tableau 1).

Il est important de noter que la couverture illustrée ici est structurée comme une couverture de la valeur et non comme une couverture des flux de trésorerie. Une couverture de la valeur couvre la valeur des engagements de l'acheteur de couverture à la date d'échéance du *swap*.

Ainsi, même si le *swap* dure dix ans seulement, il couvre tout de même le risque de longévité des flux de trésorerie de l'acheteur de couverture au-delà de dix ans. Cela est possible grâce à l'échange d'un paiement unique à l'échéance. Au contraire, une couverture des flux de trésorerie couvre le risque de longévité de chacun des flux de trésorerie de l'acheteur de couverture et des paiements nets sont effectués pour chaque période. Le *swap* de longévité JP Morgan-Canada Life (cf. *infra*) constitue un exemple de couverture des flux de trésorerie, tandis que le contrat *q-forward* JP Morgan-Lucida constitue un exemple de couverture de la valeur. Les marchés de capitaux sont plus habitués aux couvertures de la valeur, tandis que les couvertures des flux de trésorerie sont plus courantes dans le secteur des assurances. Les couvertures de la valeur sont particulièrement adaptées à la couverture du risque de longévité pour les plus jeunes membres des plans de retraite, étant donné qu'il est bien plus difficile d'évaluer avec précision les versements de pension qu'ils recevront lorsqu'ils partiront à la retraite. Le premier *swap* au monde pour les non-retraités (impliquant des membres ayant droit à des rentes différées) a été exécuté en janvier 2011, lorsque JP Morgan a mis en place une couverture de la valeur sous la forme d'un contrat *q-forward* à dix ans avec le fonds de pension britannique Pall.

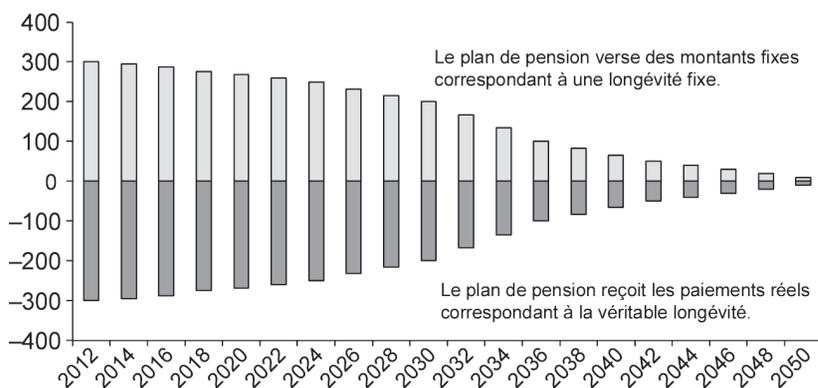
Swaps de longévité

Dans la foulée immédiate du contrat *q-forward* passé avec Lucida, JP Morgan a de nouveau effectué une opération inédite en juillet 2008, cette fois avec Canada Life au Royaume-Uni (Trading Risk, 2008). L'instrument de couverture utilisé dans cette transaction était différent. Il s'agissait d'un *swap* de longévité de 500 M£, avec une maturité de quarante ans qui n'était pas liée à un indice mais au taux de mortalité réel des quelque 125 000 bénéficiaires d'une rente du portefeuille de rentes faisant l'objet d'une couverture. Autre différence, il s'agissait d'une couverture des flux de trésorerie liés au risque de longévité. Mais le point le plus important est que cette transaction a attiré les investisseurs des marchés financiers sur le marché de la longévité pour la toute première fois, le risque de longévité ayant été transmis de Canada Life à JP Morgan, puis directement aux investisseurs. Cette opération est devenue l'archétype du *swap* de longévité sur lequel se basent toutes les autres transactions.

Un *swap* de longévité peut être soit un produit dérivé échangé sur les marchés financiers, soit un contrat d'assurance. Dans les deux cas, il s'agit d'un instrument qui implique l'échange de versements réels de rentes contre une série de paiements fixes convenus au préalable, comme indiqué sur le graphique 4 (*infra*) (Dowd *et al.*, 2006 ; Dawson

et al., 2010). Chaque paiement est basé sur un taux de survie pondéré en fonction du montant.

Graphique 4
Un swap de longévité *survivor* implique un échange régulier de flux de trésorerie correspondant aux montants réels réalisés des rentes et de flux de trésorerie fixes prédéfinis
 (paiements en M£)



Source : Coughlan et al. (2007b).

152

Dans tout *swap* de longévité, l'acheteur de couverture du risque de longévité (un plan de retraite, par exemple) reçoit du fournisseur du *swap* de longévité les paiements réels qu'il doit verser aux bénéficiaires de rentes et, en échange, effectue une série de paiements fixes au fournisseur de la couverture. Ainsi, si les bénéficiaires de rentes vivent plus longtemps que prévu, les montants plus élevés des rentes que le plan de retraite doit payer sont compensés par les paiements plus élevés reçus du fournisseur du *swap* de longévité. Le *swap* apporte donc au plan de retraite une couverture sur mesure et à long terme des flux de trésorerie liés au risque de longévité.

Même si la transaction entre JP Morgan et Canada Life constituait le premier *swap* de longévité sur les marchés financiers, un précédent *swap* d'assurance annoncé publiquement avait été mis en place en avril 2007 entre Swiss Re et la compagnie d'assurance-vie britannique Friends' Provident. Tout comme le *swap* entre JP Morgan et Canada Life, il s'agissait d'un pur transfert du risque de longévité qui n'était lié à aucun autre instrument financier, ni à aucune autre transaction. Ce *swap* était basé sur le portefeuille de Friends' Provident totalisant 1,7 Md\$ et 78 000 contrats de rentes souscrits entre juillet 2001 et décembre 2006. Friends' Provident conserve la gestion des contrats, tandis que Swiss Re effectue les versements et assume le risque de longévité en échange d'une prime dont le montant n'a pas été divulgué.

Toutefois, il est important de noter que ce *swap* spécifique a été juridiquement constitué comme un contrat d'assurance et non comme un instrument destiné aux marchés financiers.

Couvertures indexées versus couvertures sur mesure

En 2008, Lucida et Canada Life ont mis en place sur les marchés financiers deux couvertures du risque de longévité très différentes. Lucida a choisi une couverture standardisée liée à un indice de mortalité, tandis que Canada Life a opté pour une couverture sur mesure liée au taux de mortalité réel d'une population de bénéficiaires de rentes. Il est important de comprendre les différences entre ces deux types de couvertures.

Les couvertures du risque de longévité standardisées indexées sur un indice ont certains avantages par rapport aux couvertures sur mesure qui sont actuellement privilégiées par les fonds de pension et les fournisseurs de rentes viagères. Elles ont notamment les avantages de la simplicité, du coût et de la liquidité. Mais elles comportent également certains inconvénients évidents, notamment le fait d'être des couvertures imparfaites porteuses d'un risque de base résiduel (cf. tableau 6).

Tableau 6
Couverture standardisée indexée
sur un indice versus couverture sur mesure

153

	Avantages	Inconvénients
Couverture standardisée indexée sur un indice	<ul style="list-style-type: none"> – Moins coûteuse qu'une couverture sur mesure – Coûts de mise en place/opérationnels moins élevés – Échéance courte, exposition plus faible au risque de crédit de la contrepartie 	<ul style="list-style-type: none"> – Couverture imparfaite : risque de base, risque de refinancement, risque d'estimation dans la table de base
Couverture sur mesure	<ul style="list-style-type: none"> – Couverture parfaite, aucun risque de base résiduel – Couverture définie une fois pour toutes, requérant une surveillance minimale 	<ul style="list-style-type: none"> – Plus coûteuse qu'une couverture standardisée – Coûts de mise en place/opérationnels plus élevés – Faible liquidité – Échéance longue, exposition plus forte au risque de crédit de la contrepartie – Moins attrayante pour les investisseurs

Source : Coughlan (2007).

Il est donc nécessaire que la couverture indexée sur un indice soit soigneusement calibrée.

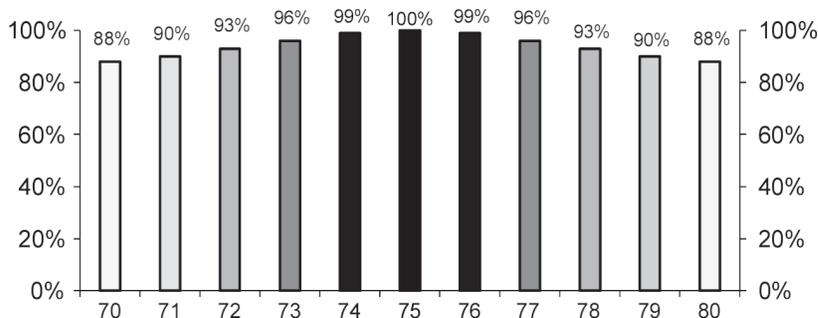
Coughlan *et al.* (2007b) affirment qu'un marché liquide offrant une couverture efficace pourrait être mis en place autour de huit contrats standardisés avec :

- une échéance spécifique (dix ans, par exemple) ;

- deux sexes (homme, femme) ;
- quatre tranches d'âge (50-59, 60-69, 70-79, 80-89).

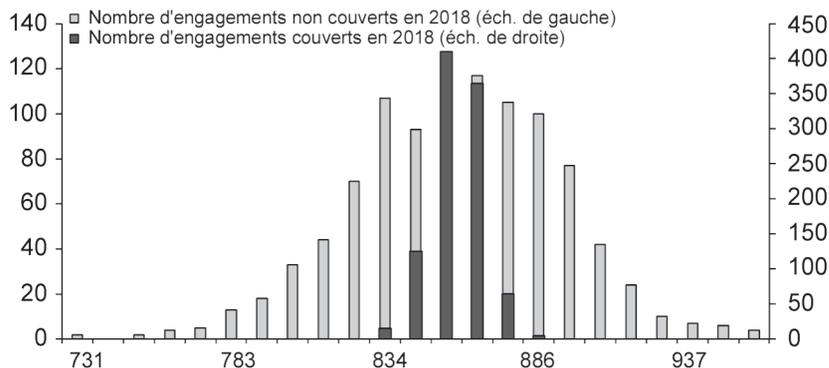
Le graphique 5 présente les corrélations en termes d'amélioration du taux de mortalité des hommes dans la tranche d'âge 70-79 centrée autour de l'âge de soixante-quinze ans. Ces chiffres montrent que les corrélations sont très élevées et que les contrats basés sur les hommes âgés de soixante-quinze ans fourniront une couverture efficace pour les plans de retraite composés de membres des tranches d'âge concernées. Coughlan (2007) estime que l'efficacité de la couverture s'élève à environ 86 % (l'écart type des engagements est réduit de 86 %, laissant un risque résiduel de 14 %) pour un plan de retraite ou un portefeuille de rentes de grande taille et bien diversifié (cf. graphique 6)⁸.

Graphique 5
Corrélations en termes d'amélioration de la mortalité annuelle
avec les hommes âgés de 75 ans en Angleterre et au Pays de Galles



Source : Coughlan *et al.* (2007a, fig. 9.6).

Graphique 6
Efficacité de la couverture des contrats *q-forward*

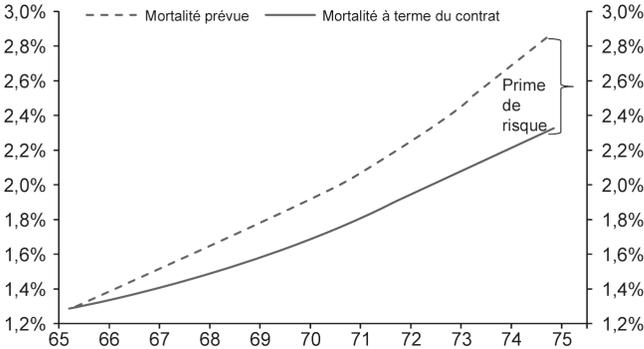


Source : Coughlan (2007).

La prime de risque de longévité

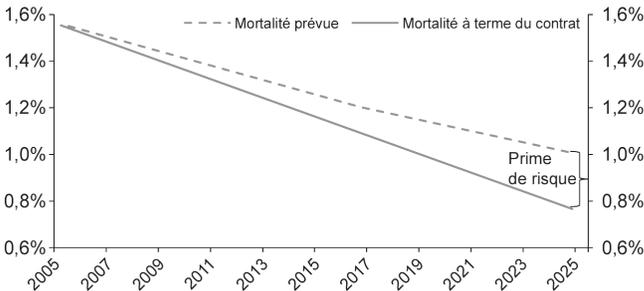
Tout fournisseur d'une couverture du risque de longévité exige une prime pour assumer le risque de longévité. Cela signifie que le taux à terme convenu au début d'un contrat *q-forward* sera inférieur au taux de mortalité anticipé (prévu) à la date d'échéance du contrat. De la même façon, l'espérance de vie à terme impliquée dans tout *swap* de longévité sera supérieure à l'espérance de vie anticipée (prévue). Le graphique 7 montre la relation entre les courbes du taux de mortalité prévu et du taux à terme et la prime de risque pour une année donnée (ici 2017) pour la tranche d'âge 65-75 ans⁹. Le graphique 8 montre la relation entre les courbes du taux de mortalité prévu et du taux à terme et la prime de risque pour une cohorte d'âges donnée (ici les hommes âgés de soixante-cinq ans en Angleterre et au Pays de Galles) pour la période 2005-2025.

Graphique 7
Courbes du taux de mortalité prévu et du taux à terme pour 2017
pour la tranche d'âge 65-75 ans



Source : adapté de Loeys *et al.* (2007, graph. 9).

Graphique 8
Courbes du taux de mortalité prévu et du taux à terme pour les hommes
âgés de 65 ans en Angleterre et au Pays de Galles, 2005-2025



Notes : les courbes sont purement illustratives.

Source : adapté de Coughlan (2007).

Garantie

L'un des éléments clés de toute transaction sur produits dérivés, en particulier après la crise financière mondiale de 2007-2009, est la garantie (collatéral). Le rôle de la garantie est de réduire, si ce n'est d'éliminer totalement, le risque de crédit de la contrepartie. Il s'agit du risque que l'une des contreparties, par exemple un contrat *q-forward*, se trouve en défaut de paiement et doive de l'argent à l'autre contrepartie. Lorsqu'un *swap* est mis en place, les deux contreparties n'enregistrent ni profit ni perte. Mais au fil du temps, à mesure que les taux de mortalité réalisés s'écartent des taux prévus au début du *swap*, la position de l'une des contreparties affichera un profit, tandis que l'autre présentera une perte équivalente. Une garantie sous forme de titres de grande qualité doit être déposée par la contrepartie qui enregistre des pertes pour couvrir ces pertes. Cette garantie doit être financée et les coûts de financement dépendront du niveau des taux d'intérêt. Par ailleurs, la qualité de la garantie et les conditions selon lesquelles une contrepartie peut remplacer une forme de garantie par une autre doivent être convenues au préalable. Ces modalités figurent dans le contrat annexe (*credit support annex – CSA*) du contrat International Swaps and Derivatives Association (ISDA) qui régit le *swap*. Le contrat annexe CSA précise également comment sera fixé le prix des différents types de garanties.

156

Tous ces facteurs sont importants pour déterminer la valeur du *swap* à différentes étapes de sa durée de vie. Biffis *et al.* (2011) utilisent un modèle théorique pour montrer que le coût global de la garantie dans les *swaps* de longévité ou de mortalité est similaire ou inférieur aux coûts que l'on rencontre sur le marché des *swaps* de taux d'intérêt en raison des effets de diversification des risques de longévité et de taux d'intérêt.

La Life and Longevity Markets Association (LLMA)

La LLMA¹⁰ a été créée en février 2010 à Londres par AXA, Deutsche Bank, JP Morgan, Legal & General, Pension Corporation, Prudential, RBS et Swiss Re. Les membres fondateurs ont ensuite été rejoints par Morgan Stanley, UBS, Aviva et Munich Re. Son objectif est de « soutenir la mise en place de normes, de méthodologies et de références uniformes pour permettre le développement d'un marché liquide indispensable pour soutenir la future demande de protection contre le risque de longévité de la part des assureurs et des fonds de pension ». En avril 2011, les indices LifeMetrics ont été transférés à la LLMA dans le but d'établir une référence globale pour la négociation des risques de longévité et de mortalité.

Obstacles à la poursuite du développement

Si l'on revient aux sept étapes de l'évolution d'un marché définies par Sandor (1994) (cf. tableau 1 *supra*), on peut affirmer que le marché de la longévité se trouve actuellement à l'étape 4¹¹. Examinons les obstacles qui entravent la poursuite du développement de ce marché.

L'un des obstacles qui entravent la poursuite du développement de l'étape 4 est la résistance persistante des gestionnaires des plans de retraite et de leurs conseils, ainsi que des assureurs et des réassureurs, vis-à-vis des solutions de couverture imparfaite sur les marchés financiers. L'ensemble du secteur préfère encore la solution du transfert intégral des risques *via* des contrats d'assurance.

Un autre obstacle concerne les exigences divergentes des acheteurs de couverture et des investisseurs en termes de maturité. Les acheteurs de couverture préfèrent les instruments qui apportent une couverture du risque de longévité à très long terme, étant donné que la longévité est un risque qui se manifeste sur la durée. Au contraire, la plupart des investisseurs privilégient les instruments à court terme, en particulier pour de nouveaux types de risques tels que la longévité, comme en témoignent les échéances relativement courtes des obligations catastrophe. Il a été suggéré qu'un instrument avec une maturité de dix ans constituait un bon compromis. Lucida et Pall Corporation ont en effet opté pour une couverture par le biais de contrats *q-forward* avec une maturité de dix ans. Ces couvertures sont toutefois porteuses d'un risque de refinancement au-delà de dix ans, au-delà même du risque de base.

Si ces obstacles peuvent être surmontés, alors les prochaines étapes de l'évolution du marché de la longévité seront le développement d'échanges formels au comptant et d'instruments dérivés – notamment de contrats à terme. Blake *et al.* (2006b) ont examiné les raisons de l'échec ou du succès d'un contrat à terme.

La réussite d'un marché à terme, caractérisé par un volume élevé et constant d'échanges et des positions ouvertes, nécessite un marché au comptant sous-jacent de grande taille, actif et liquide, avec des prix au comptant suffisamment volatils pour créer un besoin de couverture et un intérêt spéculatif. Le marché sous-jacent doit être homogène ou disposer d'un système de cotation bien défini. Le marché requiert également la participation active des acheteurs de couverture comme des « spéculateurs », qui dépend clairement de la reconnaissance par les utilisateurs finals du besoin de couverture et de l'efficacité des contrats à terme pour réduire les risques. Toutefois, le marché sous-jacent ne doit pas être massivement concentré du côté de l'achat, ni de la vente, au risque d'entraîner des distorsions du marché,

notamment la manipulation des prix. Enfin, les coûts de transaction des contrats à terme ne doivent pas être beaucoup plus élevés que ceux des autres contrats à terme de couverture croisée existants.

Il est intéressant d'examiner l'histoire des contrats à terme financiers liés à l'inflation. Ces contrats, qui furent au départ un échec, ont fini par connaître le succès. Les indices d'inflation partagent des caractéristiques communes avec les indices de mortalité, en particulier la faible fréquence de leur publication. Les premiers contrats liés à l'inflation étaient des contrats à terme indexés sur l'indice des prix à la consommation (IPC) cotés sur le marché Coffee Sugar and Cocoa Exchange aux États-Unis en juin 1985. Ils ont été rayés de la cote en avril 1987 avec seulement 10 000 contrats négociés. Les principales raisons de l'échec de ces contrats étaient les suivantes : il n'existait aucun marché de titres lié à l'inflation à l'époque, le sous-jacent était un indice publié peu fréquemment (publication mensuelle) et il n'existait aucune relation de prix stable avec d'autres instruments pour attirer l'attention des arbitragistes.

Une deuxième tentative a eu lieu en juin 1997 avec un contrat à terme sur les titres du Trésor protégés contre l'inflation (*Treasury inflation-protected securities* – TIPS) coté sur le Chicago Board of Trade. Ce contrat a été rayé de la cote avant la fin de l'année avec seulement vingt-deux contrats négociés. Ce fut un échec pour plusieurs raisons : les TIPS n'avaient commencé à être négociés que cinq mois auparavant, il existait un seul type de TIPS avec une maturité de dix ans, le contrat à terme était en compétition avec le sous-jacent en termes de liquidité et une certaine incertitude planait quant à l'avenir du programme TIPS.

En février 2004, le Chicago Mercantile Exchange (CME) a lancé un contrat à terme lié à l'IPC qui existe encore aujourd'hui. Cette fois, le contrat est un succès car les titres liés à l'inflation ont gagné du terrain auprès des investisseurs et les TIPS sont devenus une catégorie d'actifs reconnue. Il existe une relation de prix bien comprise qui permet des opportunités d'arbitrage entre les TIPS, les bons du Trésor à taux fixe et les contrats à terme liés à l'IPC. Le Trésor américain est désormais engagé à émettre des TIPS à long terme. Les contrats à terme liés à l'IPC ne sont pas directement en concurrence avec les TIPS. En réalité, ils les complètent et utilisent le même indice d'inflation. Ces contrats s'échangent *via* la plate-forme électronique Globex, qui fournit automatiquement les cours acheteur et vendeur d'un teneur de marché de pointe et favorise par conséquent la liquidité.

Quelles sont les leçons à retenir pour le développement d'un marché à terme lié à la longévité ?

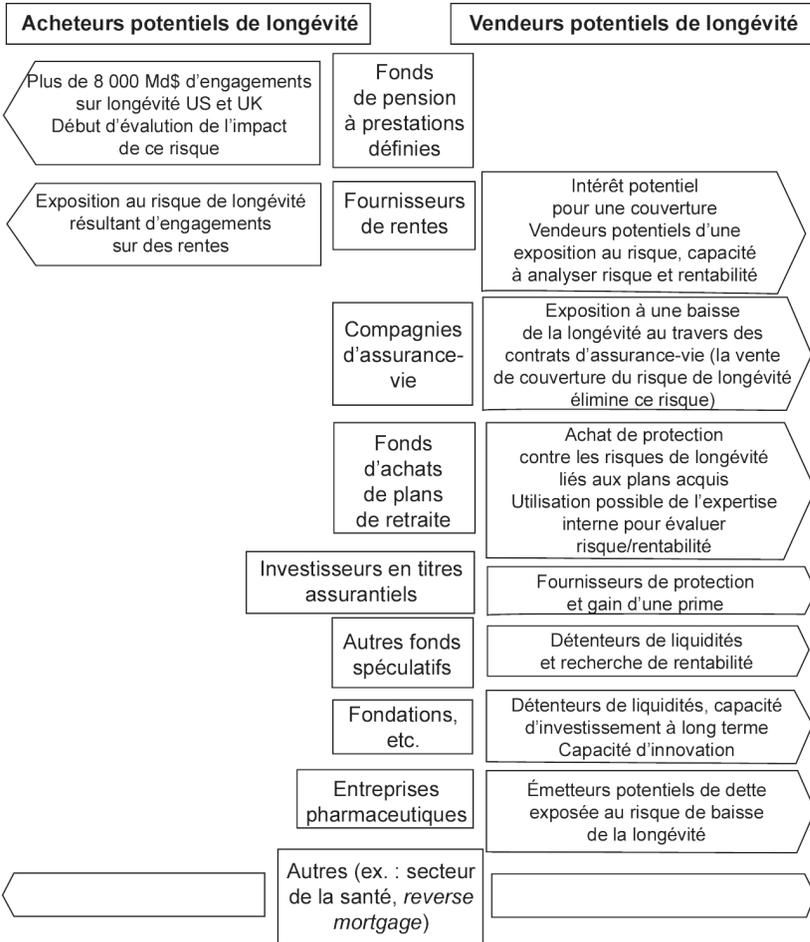
Un marché au comptant sous-jacent de grande taille, actif et liquide est considéré comme le critère le plus important pour la réussite d'un marché à terme. À une exception près, aucun contrat à terme n'a survécu sans un marché au comptant remplissant ces conditions. Cette exception, ce sont les contrats à terme climatiques, lancés par le CME en 1999. Même si ces contrats disposent d'un sous-jacent exotique et non d'un sous-jacent physique, ils ont néanmoins rencontré le succès. Cela donne de l'espoir pour les contrats à terme liés à la longévité qui disposent également d'un sous-jacent exotique¹².

L'indice de mortalité sous-jacent aux instruments liés à la longévité doit constituer une estimation juste de la mortalité réelle et être porteur d'un risque lié au décalage dans le temps minimal¹³. L'IPC souffre de problèmes potentiels similaires. La survie des contrats à terme liés à l'IPC sur le CME est la preuve que ces problèmes peuvent être surmontés. Même si les indices de mortalité ne sont pas calculés fréquemment (en général une fois par an), les cours au comptant des obligations liées à la longévité pourraient afficher un fort degré de volatilité en raison de la longue maturité des obligations.

Les instruments sous-jacents de couverture du risque de longévité doivent être peu nombreux et bien définis. Un petit nombre de contrats permettent d'accroître la liquidité, mais, comme nous l'avons déjà mentionné, entraînent également un risque de base concomitant, découlant de la différence entre le taux de mortalité de la cohorte de population couverte par l'indice de mortalité et de la cohorte pertinente pour l'acheteur de couverture.

Le manque d'intérêt des investisseurs constitue un point faible potentiel dans le développement du marché de la longévité. Toutefois, le schéma 4 (*infra*) montre comment le marché pourrait finir par parvenir à l'équilibre, avec un nombre croissant de vendeurs de longévité attirés par une prime de risque adéquate pour entrer sur le marché et répondre à la demande potentiellement élevée des acheteurs de longévité.

Schéma 4
Structure potentielle du marché de la longévité



160

Source : à partir de Loeys et al. (2007, graph. 10).

Perspectives théoriques

En parallèle de cette évolution concrète sur les marchés financiers, les chercheurs ont continué à apporter leur contribution théorique, s'appuyant sur l'idée de départ : l'utilisation d'obligations liées à la longévité pour couvrir le risque de longévité global sur les marchés financiers (Blake et Burrows, 2001).

CONCLUSION

Le risque de longévité est aujourd'hui reconnu comme un risque important auquel sont confrontés les assureurs, les plans de retraite, les

entreprises, les gouvernements et les individus. En raison de son ampleur et de sa prévalence, l'exposition au risque de longévité constitue en termes financiers la principale exposition à un risque lié à l'espérance de vie et représente une menace potentielle pour l'ensemble du système de retraite.

L'émergence d'un marché et d'instruments liés à la longévité devrait agir comme un catalyseur pour faciliter le développement de marchés des rentes viagères à la fois dans les pays développés et en développement. Ce marché offre la promesse de nouvelles possibilités permettant de prendre le risque de longévité, d'une plus grande flexibilité pour le transfert du risque de longévité et de nouveaux outils grâce auxquels le secteur des assurances pourra gérer son capital et les risques. Un marché des rentes fonctionnel est un ingrédient clé pour la viabilité à long terme et la stabilité d'un système de retraite. Par ailleurs, les plans de retraite à prestations déterminées sont en déclin dans de nombreux pays et les rentes viagères constituent la seule solution permettant de garantir aux individus un revenu de retraite exempt du risque de longévité.

Néanmoins, il reste de nombreux défis de taille à relever. Nous en soulignons deux en particulier.

En premier lieu, les investisseurs à long terme, tels que les fonds de dotation, les fonds souverains et les *family offices*, qui finiront par être convaincus de détenir des actifs liés à la longévité si le marché de la longévité se développe, ne sont pas encore totalement à l'aise avec cette catégorie d'actifs. Ce problème peut en partie être surmonté par le biais d'une information adéquate, mais il est également nécessaire de bien concevoir les instruments. Les *swaps* de longévité sont à ce jour le moyen le plus efficace pour couvrir le risque de longévité. Pourtant, les *swaps* et les autres produits dérivés ne sont pas les instruments préférés des investisseurs à long terme qui sont en réalité plus habitués aux obligations, qu'ils privilégient par conséquent. Si les obligations à court terme liées à la mortalité ont été une réussite, les obligations à long terme liées à la longévité n'ont jusqu'ici pas connu un grand succès. Il y a donc un important travail à faire sur la conception des obligations liées à la longévité afin de les rendre plus attrayantes pour les émetteurs comme pour les détenteurs. La stratégie de Swiss Re consistant à reproduire une innovation réussie – comme l'illustre l'obligation Kortis indexée sur la longévité, qui est une modeste adaptation de l'obligation indexée sur la mortalité en termes de conception et de maturité – semble montrer la marche à suivre. Les deux principaux enjeux, en cas de succès, sont un fort élargissement de la base d'investisseurs et un fort accroissement de la liquidité du marché.

En second lieu, il semble probable que les mesures réglementaires appliquées en réponse à la crise financière mondiale auront un certain

effet sur le ralentissement de la croissance du marché de la longévité. La réglementation visant à restreindre la prise de risque des banques d'investissement et les nouvelles normes de fonds propres imposées aux banques (Bâle III) limitent le rôle que les banques peuvent jouer dans le développement de ce marché. Il est devenu beaucoup moins attrayant pour les banques d'assumer le risque tout en rapprochant les acheteurs de couverture du risque de longévité et les investisseurs dans le risque de longévité. De fait, il est devenu bien moins attrayant pour les banques de jouer le rôle d'intermédiaires entre les acheteurs de couverture et les investisseurs en raison des exigences de fonds propres aujourd'hui plus élevées du fait de l'exposition au risque de crédit illiquide à long terme associée aux transactions sur la longévité¹⁴.

Ces deux défis devront être surmontés au cours de la prochaine étape du développement de ce marché. Néanmoins, l'innovation demeure une caractéristique majeure du marché de la longévité depuis 2006 et nous avons toutes les raisons de penser qu'elle perdurera tant que les différents acteurs du secteur chercheront à réduire les coûts, à optimiser leur capital et à gérer les risques.

NOTES

1. Voir Blake *et al.* (2006a, pp. 155-156) pour davantage de détails concernant ces cinq façons d'agir face au risque de longévité.
2. Le risque de base est le risque associé au caractère imparfait de la couverture si les mouvements de l'exposition sous-jacente ne sont pas parfaitement corrélés avec les mouvements de l'instrument de couverture.
3. Pour être efficaces, les arbitragistes ont toutefois besoin de relations de prix bien définies entre les titres concernés et ce marché n'en est qu'aux prémices de son développement.
4. Cette suggestion a été faite par Tom Boardman, ancien directeur de Prudential PLC et professeur invité du Pensions Institute de la Cass Business School.
5. LifeMetrics est également le nom d'un ensemble d'outils permettant de mesurer et de gérer les risques de mortalité et de longévité, conçu pour les plans de retraite, les promoteurs, les assureurs, les réassureurs et les investisseurs. LifeMetrics permet de mesurer ces risques selon une méthode standardisée, de les regrouper depuis diverses sources et de les transférer à d'autres parties. LifeMetrics permet également d'évaluer l'efficacité des stratégies de couverture des risques de longévité et de mortalité et la taille du risque de base. LifeMetrics est composé des éléments suivants :
 - (1) les indices, soit les données permettant d'évaluer les taux actuels et passés de mortalité et de longévité ;
 - (2) le cadre, soit l'ensemble d'outils, de méthodes et d'algorithmes permettant de mesurer et de gérer les risques de longévité et de mortalité. Ces éléments sont décrits en détail dans le document technique de LifeMetrics (Coughlan *et al.*, 2007a) ;
 - (3) le logiciel permettant d'élaborer des prévisions de mortalité (www.lifemetrics.com).
6. Il est important de reconnaître que les titres Kortis indexés sur la longévité ne constituaient pas de vraies obligations indexées sur la longévité telles que décrites précédemment, car ils impliquaient un transfert du risque associé à l'écart (ou à la différence) entre les évolutions de longévité de deux groupes de population différents, et non aux évolutions elles-mêmes.

7. Voir le site www.pensionsboard.ie/en/Regulation/Sovereign_Annuities.
8. Une étude ultérieure de Coughlan *et al.* (2011) a de nouveau confirmé le degré élevé d'efficacité des couvertures du risque de longévité basées sur des indices liés à la population nationale pour les plans de retraite de grande taille. Cette étude s'intéressait à un fonds de pension composé de membres dont le taux de mortalité réel était identique à celui de la population de vies assurées du groupe britannique CMI, avec une couverture basée sur l'indice LifeMetrics pour l'Angleterre et le Pays de Galles. L'efficacité de la couverture s'élevait à 82,4 %. Cette étude s'intéressait également à un fonds de pension composé de membres dont le taux de mortalité réel était identique à celui de la population de Californie, avec une couverture basée sur l'indice LifeMetrics pour les États-Unis. L'efficacité de la couverture s'élevait à 86,5 %.
9. Coughlan *et al.* (2007b) montrent que le taux de mortalité à terme est déterminé à partir du taux de mortalité prévu à l'aide de la formule $qf = (1 - T \times \lambda \times \sigma)qe$ où qf représente le taux de mortalité à terme, qe le taux de mortalité prévu, T le temps restant jusqu'à l'échéance, σ la volatilité (écart type annualisé) de l'évolution du taux de mortalité et λ le ratio de Sharpe annualisé requis par la contrepartie.
10. Voir le site www.llma.org.
11. Dans Blake *et al.* (2006a), nous avons affirmé que le marché entamait cette même étape.
12. Du moins jusqu'à ce qu'un marché liquide d'obligations liées à la longévité se mette en place.
13. Le risque lié au décalage dans le temps sera faible si un instrument de couverture avec une date d'échéance donnée apporte une bonne couverture contre l'exposition au risque avec une date d'échéance différente. Cela est important en raison des délais de publication. Le contrat *q-forward* utilisé en exemple précédemment dans le tableau 4 avait pour date d'échéance 2018, mais l'année de référence pour déterminer le taux de mortalité pour le règlement était fixée à 2017.
14. En avril 2012, plusieurs banques d'investissement – UBS, Credit suisse et Nomura – se sont retirées du marché de la longévité en raison de la hausse des exigences de fonds propres imposée par Bâle III. Mais de nouveaux assureurs et réassureurs ont intégré le marché : Munich Re, Scor et Prudential (États-Unis).

BIBLIOGRAPHIE

- BEELDERS O. et COLAROSSO D. (2004), « Modelling Mortality Risk with Extreme Value Theory: the Case of Swiss Re's Mortality-Indexed Bond », *Global Association of Risk Professionals*, vol. 4, juillet-août, pp. 26-30.
- BIFFIS E., BLAKE D., PITOTTI L. et SUN A. (2011), « The Cost of Counterparty Risk and Collateralization in Longevity Swaps », *Pensions Institute Discussion Paper*, n° PI-1107.
- BISHOP T. B. et SHAN H. (2008), « Reverse Mortgages: a Closer Look at HECM Loans », MIT Economics Department and Federal Reserve Board of Governors, *Discussion Paper*.
- BLAKE D. et BURROWS W. (2001), « Survivor Bonds: Helping to Hedge Mortality Risk », *Journal of Risk and Insurance*, vol. 68, pp. 339-348.
- BLAKE D., CAIRNS A. J. G. et DOWD K. (2006a), « Living with Mortality: Longevity Bonds and other Mortality-Linked Securities », *British Actuarial Journal*, vol. 12, pp. 153-197.
- BLAKE D., CAIRNS A. J. G., DOWD K. et MACMINN R. (2006b), « Longevity Bonds: Financial Engineering, Valuation and Hedging », *Journal of Risk and Insurance*, vol. 73, pp. 647-72.
- BURNE K. (2011), « Swiss Re Longevity-Risk Deal Opens Door to More », *Wall Street Journal*, 7 janvier.
- CAIRNS A. J. G., BLAKE D., DAWSON P. E. et DOWD K. (2005), « Pricing Risk on Longevity Bonds », *Life and Pensions*, vol. 1, n° 2, pp. 41-44.
- COUGHLAN G. (2007), « Longevity Risk and Mortality-linked Securities, Risk and Innovation », Pension Universe Conference, London, 27 septembre.
- COUGHLAN G. D. (2009), « Hedging Longevity Risk », presentation à la SVS Longevity Conference, Santiago, Chili, 19 mars, www.svs.cl/sitio/publicaciones/doc/seminario_rentas_vitalicias/present_gcoughlan_19_03_2009.ppt.
- COUGHLAN G. D., EPSTEIN D., ONG A., SINHA A., BALEVICH I., HEVIA-PORTOCARRERO J., GINGRICH D.,

- KHALAF ALLAH M. et JOSEPH P. (2007a), « A Toolkit for Measuring and Managing Longevity and Mortality Risks », JP Morgan Pension Advisory Group, *document technique*, mars, www.lifemetrics.com.
- COUGHLAN G. D., EPSTEIN D., SINHA A. et HONIG P. (2007b), « q-Forwards: Derivatives for Transferring Longevity and Mortality Risks », JP Morgan Pension Advisory Group, Londres, juillet, www.lifemetrics.com.
- COUGHLAN G. D., KHALAF-ALLAH M., YE Y., KUMAR S., CAIRNS A. J. G., BLAKE D. et DOWD K. (2011), « Longevity Hedging 101: a Framework for Longevity Basis Risk Analysis and Hedge Effectiveness », *North American Actuarial Journal*, n° 15, pp. 150-176.
- DAWSON P., BLAKE D., CAIRNS A. J. G. et DOWD K. (2010), « Survivor Derivatives: a Consistent Pricing Framework », *Journal of Risk and Insurance*, n° 77, pp. 579-596.
- DOWD K., BLAKE D., CAIRNS A. J. G. et DAWSON P. (2006), « Survivor Swaps », *Journal of Risk and Insurance*, vol. 73, pp. 1-17.
- LIFE AND PENSIONS RISK (2010), *Bond Ambition*, mai, pp. 10-12.
- LIN Y. et S. H. COX (2005), « Securitization of Mortality Risks in Life Annuities », *Journal of Risk and Insurance*, vol. 72, pp. 227-252.
- LOEYS J., PANIGIRTZOGLU N. et RIBEIRO R. M. (2007), « Longevity: a Market in the Making », JP Morgan Securities Ltd., Londres, 2 juillet, www.lifemetrics.com.
- LUCIDA (2008), « Lucida and JP Morgan First to Trade Longevity Derivative », *Press Release*, 15 février, www.lucidapl.com/en/news/news/lucida-and-jpmorgan-first-to-trade-longevity-derivative.
- SANDOR R. L. (1994), « In Search of Market Trees: Market Architecture and Tradable Entitlements for CO₂ Abatement », in *Combating Global Warming: Possible Rules, Regulations and Administrative Arrangements for a Global Market in CO₂ Emission Entitlements*, United Nations Conference on Trade and Development, *New York*.
- SANDOR R. L. (2003), « The First Chicago Climate Exchange Auction: the Birth of the North American Carbon Market », in *Greenhouse Gas Market 2003: Emerging but Fragmented*, International Emissions Trading Association.
- SUN W., TRIEST R. K. et WEBB A. (2008), « Optimal Retirement Asset Decumulation Strategies: the Impact of Housing Wealth », *Asia-Pacific Journal of Risk and Insurance*, vol. 3, pp. 123-149.
- SYMMONS J. (2008), « Lucida Guards against Longevity », 19 février, www.efinancialnews.com.
- TRADING RISK (2008), « JP Morgan Longevity Swap Unlocks UK Annuity Market », *Trading Risk*, n° 5, septembre-octobre, pp. 3, www.trading-risk.com.
- UK PENSIONS COMMISSION (2005), *A New Pension Settlement for the Twenty-First Century*, The Stationery Office, Norwich.
- WHITE J. (2002), « States Mine For Gray Gold », *Stateline.org*, 12 septembre.
- ZELENKO I. (2011), « Longevity Risk Hedging and the Stability of Retirement Systems: the Chilean Longevity Bond Case », présenté à « Longevity 7: Seventh International Longevity Risk and Capital Markets Solutions Conference », Francfort, 8 septembre.