

# L'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DES ENGAGEMENTS EN ASSURANCE VIE : ÉCUEILS, BONNES PRATIQUES ET PRÉCONISATIONS POUR UNE MISE EN ŒUVRE PERTINENTE

Version 2.1 du 22/12/2020

Kamal Armel<sup>1</sup>      Frédéric Planchet<sup>2</sup>

ISFA - Laboratoire SAF<sup>β</sup>

Université de Lyon - Université Claude Bernard Lyon 1

La valorisation « économique » des passifs sous solvabilité 2 correspond au *best-estimate* (flux futurs actualisés) complété d'un ajustement compensant l'immobilisation du capital de solvabilité requis des risques non-couvrables. Le cadre de valorisation en IFRS 17 est similaire, dans la mesure où il propose la valorisation du passif comme la somme d'un *best-estimate* (flux futurs actualisés) et d'un ajustement au titre des risques non financiers.

L'approche de valorisation économique des passifs imposée par Solvabilité 2 et IFRS 17, ne peut trouver donc sa pleine application que lorsque l'on a la capacité de définir : (1) les flux futurs du passif, (2) une mesure de probabilité adaptée et (3) les taux d'actualisation.

L'application de cette approche aux contrats d'épargne en euros (et plus généralement en présence d'un dispositif de participation aux bénéfices) conduit les praticiens à retenir la structure de modélisation désormais classique dans laquelle un générateur de scénarios économiques « risque neutre » alimente un modèle de projection de flux pour permettre une approximation par simulation de la valeur du *best estimate*.

Dans cet article, nous présentons une analyse critique du processus de valorisation économique des passifs d'assurance vie. Nous discutons les choix de modélisation et de mesure de probabilité retenus par le secteur et leurs implications. Nous formulons également des préconisations pour une modélisation pertinente.

---

<sup>1</sup> Kamal Armel est actuaire qualifié, consultant et doctorant à l'ISFA. Contact : [kamal.armel@gmail.com](mailto:kamal.armel@gmail.com)

<sup>2</sup> Frédéric Planchet est Professeur à l'ISFA et actuaire associé chez PRIM'ACT. Contact : [frederic@planchet.net](mailto:frederic@planchet.net).

<sup>β</sup> Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Institut de Science Financière et d'Assurances (ISFA), Laboratoire SAF EA2429, F-69366, LYON, France.

## Sommaire

<b>1</b>	<b>La valorisation « économique » des engagements d'assurance.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Contrats d'épargne, flux futurs, best-estimate et facteurs de risque.....</b>	<b>6</b>
2.1	Le contexte des contrats d'épargne.....	6
2.2	Analyse des flux de trésorerie.....	7
2.3	Algorithme de revalorisation : revue des pratiques de marché.....	10
2.4	Comportements dynamiques des assurés.....	14
<b>3</b>	<b>Mesure de probabilité et règles de gestion.....</b>	<b>15</b>
3.1	Opportunités d'arbitrage dans le marché de l'épargne en euros.....	16
3.1.1	Quelques opportunités d'arbitrage liées à la structure du marché de l'assurance.....	16
3.1.2	Efficiency des marchés et asymétries d'information.....	21
3.1.3	La rationalité des agents.....	25
3.2	Réplication des flux.....	27
3.2.1	Les flux des contrats d'épargne en euros sont partiellement répliquables.....	27
3.2.2	Contrat d'épargne en € et réplication des flux : exemple des options par cliquets.....	29
3.3	Peut-on retenir une mesure risque neutre pour la valorisation des passifs ?.....	29
<b>4</b>	<b>Génération de scénarios économiques et courbe de taux.....</b>	<b>30</b>
4.1	La génération de scénarios économiques.....	30
4.2	Pratiques de génération de scénarios économiques.....	31
4.2.1	Un cadre de valorisation <i>Marked to Model</i> .....	31
4.2.2	La convention de calibrage des modèles de taux sans risque.....	31
4.2.3	Limites de la convention de calibrage des modèles de taux.....	32
4.3	Analyse des sensibilités du <i>best-estimate</i> aux modèles de taux « risque neutre ».....	33
4.4	Évaluation en probabilité historique et sensibilité aux données de calibrage.....	36
4.5	Analyse des écarts entre les <i>best-estimates en probabilités historique et « risque-neutre »</i> .....	37
4.5.1	Rachats dynamiques en probabilités historique et risque-neutre : illustration.....	38
4.5.2	Analyse des écarts.....	39
<b>5</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>Références.....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>Annexe : le contexte des contrats d'épargne.....</b>	<b>48</b>
7.1	Le cadre réglementaire de la revalorisation.....	49
7.1.1	Taux techniques.....	49
7.1.2	Taux minimum garantis.....	50
7.1.3	Participation aux bénéfiques.....	51
7.2	Options des contrats d'épargne et facteurs de risque.....	52

## 1 La valorisation « économique » des engagements d'assurance

Depuis une trentaine d'année, la notion d'évaluation « économique » de flux financiers s'est développée, dans le monde de l'assurance, au sens où la valeur de l'engagement associée à un risque répliquable doit être égale au prix de la couverture de ce risque.

Cette notion, initialement créée en finance avec le développement des marchés de dérivés, depuis la fin des années 1970 - avec les travaux fondateurs de BLACK et SCHOLÉS [1973], puis Merton [1976], suivis par HARRISSON et KREPS [1979] et HARRISSON et PLISKA [1981] - établit un lien direct entre le prix d'un actif contingent et une technique de gestion du risque consistant à répliquer des flux de cet actif par un portefeuille d'actif auto-financé.

Les marchés d'actifs contingents ont connu un développement considérable du fait de la gestion active des positions, permettant de limiter le risque<sup>3</sup>, les imperfections de couverture donnant elle-même lieu à une littérature spécifique pour optimiser les règles de gestion de l'actif de couverture (cf. NTEUKAM et al. [2011]).

Au début des années 1990, BRIYS et de VARENNE [1994] ont remarqué l'analogie formelle de certains flux de contrats intégrant une participation aux bénéfices à des flux d'options vanilles et ont, par analogie, proposé d'utiliser le cadre de calcul de prix par absence d'opportunité d'arbitrage pour les contrats d'assurance.

Impliquant de valoriser l'actif de l'assureur en valeur de marché, cette nouvelle vision du bilan a séduit l'industrie au tout début des années 2000, les plus-values latentes étant importantes et non reconnues dans les comptes sociaux.

Elle a donc été adoptée comme principe de base de valorisation du bilan dans la directive Solvabilité 2.

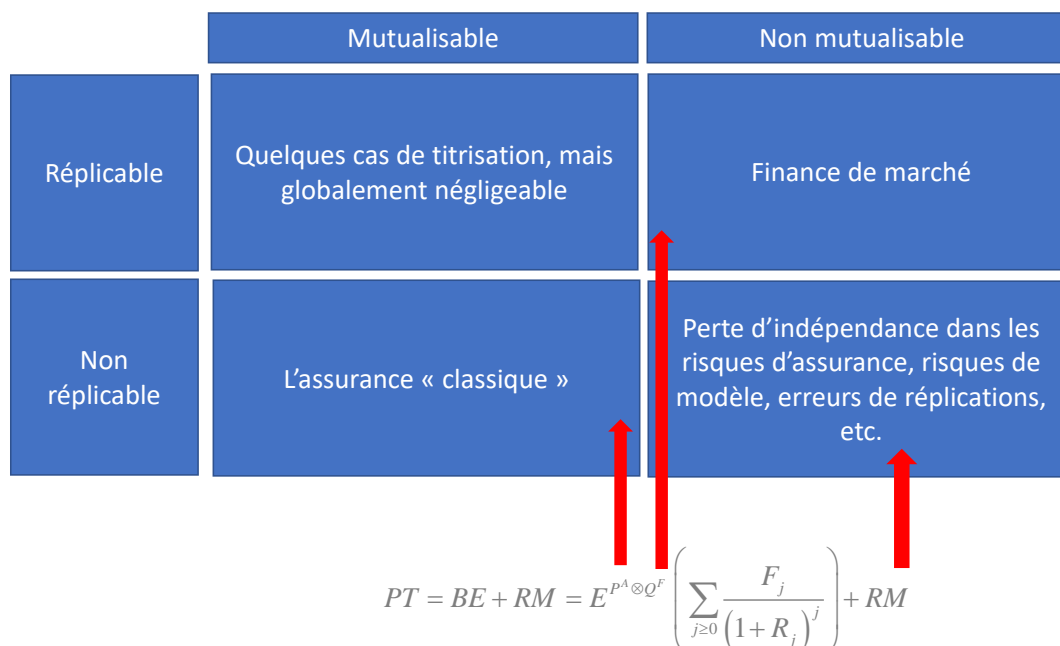
Dans ce cadre, la valorisation « économique » correspond au *best-estimate* (flux futurs actualisés) et est complétée, le cas échéant, d'une marge de risque compensant l'immobilisation du capital de solvabilité requis des risques non-couvrables (se traduisant par un coût du capital des risques non-financiers ou des imperfections de couverture pour les risques financiers).

Les référentiels « économiques », Solvabilité 2 comme IFRS 17, induisent ainsi un cadre de calcul des engagements d'assurance que l'on peut résumer par le schéma présenté ci-après (Fig. 1.).

---

<sup>3</sup> Et même, dans le cadre idéalisé d'un marché complet sans frictions ni frais de l'éliminer.

Fig. 1 : Liens entre risque et technique de valorisation



De manière synthétique, les risques d'assurance mutualisables sont évalués dans un cadre statistique, les risques financiers répliquables dans un cadre d'absence d'opportunité d'arbitrage, et l'ensemble des risques qui n'entrent dans aucune de ces deux cases relèvent de la marge pour risque.

Par ailleurs, le cadre de valorisation en IFRS 17 est similaire à celui de Solvabilité 2 dans la mesure où il propose la valorisation du passif comme la somme d'un *best-estimate* (flux futurs actualisés) et d'un ajustement au titre des risques non financiers.

Bien que les deux normes, Solvabilité 2 et IFRS 17, présentent des divergences sensibles, les principes d'évaluation, sous la norme Solvabilité 2, discutés dans ce papier se généralisent naturellement à la norme IFRS 17<sup>4</sup>.

Les questions liées aux calculs de la marge de risque ne seront pas abordées dans cet article. Autrement dit, nous nous focalisons sur la partie des flux relevant de la gestion par réplication des flux, sans considérer les risques d'assurance et les imperfections de couverture. Nous ne ferons donc pas la distinction dans la suite entre les termes *best-estimate* et « valeur du passif ».

L'article 75 de la norme Solvabilité 2 précise que les passifs sont « valorisés au montant pour lequel ils pourraient être transférés ou réglés dans le cadre d'une transaction conclue, dans des conditions de concurrence normales, entre des parties informées et consentantes ». L'article 77 définit le *best-estimate* comme la « moyenne pondérée par leur probabilité des flux de trésorerie futurs, compte tenu de la valeur temporelle de l'argent (valeur actuelle

<sup>4</sup> Rappelons que sous IFRS 17, la marge de service contractuelle, estimant les bénéfices attendus et non encore réalisés, ne fait pas partie des fonds propres IFRS 17 comme l'est la valeur des profits futurs sous la norme Solvabilité 2. Dans les deux normes, les engagements de l'assureur envers les assurés sont constitués d'un *best-estimate* et d'un ajustement.

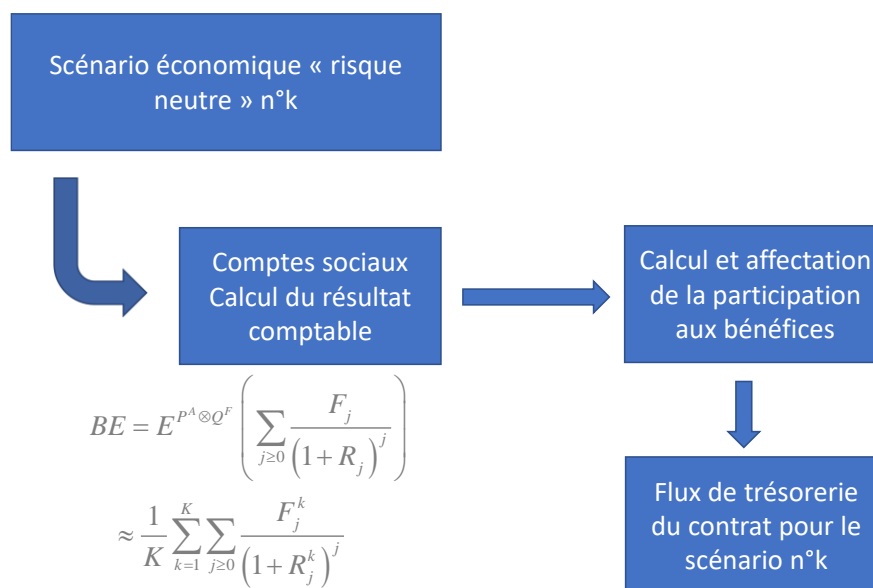
attendues des flux de trésorerie futurs), estimée sur la base de la **courbe des taux sans risque pertinent** ».

Cette approche, qualifiée de dynamique dans WALTER et BRIAN [2008], se rapproche de la définition Keynésienne de la valeur fondamentale. En effet, dans sa Théorie Générale, Keynes indique que « la valeur fondamentale d'une entreprise correspond à une estimation de la valeur actuelle des flux futurs de revenus attachés à la détention de son capital ». <sup>5</sup>

L'approche de valorisation économique des passifs imposée par Solvabilité 2, ne peut trouver donc sa pleine application que lorsque l'on a la capacité de définir : (1) les flux futurs du passif, (2) une mesure de probabilité adaptée et (3) les taux d'actualisation.

L'application de cette approche aux contrats d'épargne en euros (et plus généralement en présence d'un dispositif de participation aux bénéfices) conduit les praticiens à retenir la structure de modélisation désormais classique dans laquelle un générateur de scénarios économiques (voir par exemple LEROY et PLANCHET [2013]) « risque neutre » alimente un modèle de projection de flux pour permettre une approximation par simulation de la valeur du *best estimate* (cf. PLANCHET [2015]) comme le montre le schéma ci-après (Fig. 2).

**Fig. 2 : Calcul de la valeur économique d'un contrat avec interactions actif / passif**



Dans la suite, nous analysons de manière détaillée chacun des composants de ce processus afin de discuter les implications en termes de modélisation dans le but de réaliser des évaluations aussi pertinentes que possible de la « valeur économique » des flux de passif d'un assureur vie.

Ce travail s'organise comme suit :

- La section 2 rappelle les options et les garanties des contrats d'épargne, présente la définition des flux futurs pour le calcul du *best-estimate* et les pratiques du secteur.

<sup>5</sup> WALTER et BRIAN [2008] présentent une analyse critique de la notion de valeur fondamentale. Cette analyse est conduite au plus près de la tension entre le calcul abstrait des phénomènes financiers et les formes concrètes que prennent ces phénomènes.

- La section 3 discute la pertinence du choix de la mesure de probabilité « risque neutre » pour l'évaluation des passifs d'épargne en euro.
- La section 4 discute les pratiques de génération de scénarios économiques « risque-neutre » de la place, notamment les taux d'intérêt, destinées à évaluer le passif dans un cadre *Mark-to-Model*. Nous présentons également dans cette section les sensibilités du *best-estimate* aux choix des modèles de taux et des données de calibrage sous la mesure risque-neutre. Enfin, nous présentons un calcul du *best-estimate* sous la probabilité historique et sa sensibilité aux choix des données de calibrage du modèle de taux.
- La section 5 présente nos conclusions et synthétise nos préconisations pour une modélisation pertinente.

## 2 Contrats d'épargne, flux futurs, *best-estimate* et facteurs de risque

### 2.1 Le contexte des contrats d'épargne

Sur le marché français de l'assurance vie, on rencontre majoritairement deux types de contrats d'épargne : les contrats en euros et les contrats en unités de compte (y compris l'euro-croissance).

À fin 2018, les encours des contrats d'épargne représentaient 1 692 Md€<sup>6</sup> soit 70 % des placements du marché de l'assurance français (FFA [2019]). Les contrats d'épargne en euros représentent 1 297 Md€<sup>7</sup>, soit 54 % des placements et les contrats en unités de compte (UC) représentent 341 Md€ soit 14 % des placements.

Dans cet article, nous nous intéressons à la valorisation économique des contrats classiques d'épargne en euros (cf. la section 7 en annexe pour une présentation détaillée de ces contrats).

Les options incluses dans ces contrats peuvent être synthétisées en trois catégories :

- Options financières : l'assureur s'engage sur une rémunération minimale de l'épargne en garantissant un taux minimal de revalorisation ou une participation aux bénéfices (PB)garantie.
- Options comportementales : l'assureur propose des options de rachat, d'arbitrage euro-UC, de versements libres ou programmés, bonus de fidélité... L'activation de ces options est à l'appréciation de l'assuré.
- Options biométriques : sont les options dépendant du risque de mortalité (ou de longévité) comme la proposition par l'assureur de rentes différées.

L'assuré bénéficie donc de trois options à caractère financier (cf. BRYs et DE VARENNE [1994]) :

<sup>6</sup> Dont 54 Md€ de provisions pour participation aux bénéfices.

<sup>7</sup> Hors provisions pour participation aux bénéfices.

- L'option de taux technique ou de taux de participation aux bénéfices garantis, assimilable à une option vanille européenne.
- L'option de rachat, assimilable à une option de vente américaine.
- L'option de garantie de taux sur les versements libres ou programmés, assimilable à une *swaption*.

Ainsi, les facteurs de risques auxquels sont exposés les passifs des contrats d'épargne classiques en euros sont (cf. ARMEL et PLANCHET [2019] et LAURENT et al. [2016]) :

- Les risques biométriques et de rachats structurels qui sont non-répliquables. Ils sont néanmoins mutualisables.
- Les risques liés aux comportements conjoncturels (ou dynamiques) des assurés qui sont non-répliquables (cf. section 2.4 et 3). Ces comportements représentent la réaction des assurés aux contextes économiques, financiers et aux taux de revalorisation (et donc aux décisions de l'assureur). Ils peuvent se traduire par des rachats, des arbitrages ou des versements ;
- Les risques du marché financier et notamment le risque de taux qui peuvent être en partie répliquables.

La réaction de l'assureur aux taux de rendements de l'actif et aux anticipations des comportements des assurés prend la forme d'actions de gestion, sur la base d'un taux comptable, dont la résultante est le taux servi (cf. section 2.3 pour une présentation d'algorithme type de calcul du taux servi pratiqué par la place).

Les sections suivantes expliquent comment construire les flux futurs des passifs des contrats d'épargne en euros afin d'évaluer le *best-estimate* et synthétisent les pratiques de modélisation de la place.

## 2.2 Analyse des flux de trésorerie<sup>8</sup>

L'article 77 de la directive Solvabilité 2 précise que les flux de trésorerie utilisés dans le calcul de la meilleure estimation tiennent compte de toutes les entrées et sorties de trésorerie nécessaires pour faire face aux engagements d'assurance et de réassurance pendant toute la durée de ces derniers.

Le *best-estimate* des contrats d'épargne en euros calculé à un instant  $t$  s'écrit (cf. ARMEL et PLANCHET [2019], LAURENT et al. [2016]) :

$$BE(t) = E \left( \sum_{i=t}^{+\infty} F_i \cdot \exp(-i \cdot r_i) \right)$$

où  $r_i$  est le taux sans risque à terme à l'échéance  $i$ .

---

<sup>8</sup> Pour plus de détails sur la construction des flux et l'évaluation du *best-estimate*, le lecteur peut se référer à ARMEL et PLANCHET [2019].



Le flux  $F_i$  est la somme des paiements versés aux assurés et des frais diminués des primes et des chargements :

$$F_i = \text{Paiements}_i^{\text{bruts}} - \text{Primes}_i + \text{Frais}_i - \text{Chargements}_i$$

En pratique, l'évaluation du *best-estimate* se fait le plus souvent par des simulations de Monte-Carlo (cf. Fig. 2) et l'évaluation des flux s'arrête à un horizon de projection  $T$ .

Les contrats futurs sont, par ailleurs, exclus du périmètre d'évaluation du *best-estimate*. En outre, si les contrats d'épargne ne contiennent pas de garanties financières prédéterminées pour tous les versements futurs, ce qui est en général le cas des contrats d'épargne classiques, les primes futures ne peuvent pas être prises en compte dans le périmètre d'évaluation (ACPR [2013]).

Aussi, les chargements et les frais sont des fonctions de la valeur de rachat (l'épargne acquise), du nombre de contrats (notamment pour l'évaluation des frais fixes) et de l'inflation (cf. ACPR [2013]). L'évaluation de la valeur de rachat et de la probabilité de présence de l'assuré dans le portefeuille, à la date de calcul du flux, permettent de calculer les flux de chargements et de frais.

La valeur de rachat d'un contrat d'épargne (épargne acquise) à l'instant  $t + 1$ , notée  $VR(t + 1)$  s'écrit en fonction de la valeur de rachat à l'instant  $t$  et des taux de revalorisation nets de chargements servis à l'instant  $t + 1$ , noté  $c_{t+1}$ , comme suit (cf. ARMEL et PLANCHET [2019] et BONNIN et al. [2014]) :

$$VR(t + 1) = VR(t) \times \exp(c_{t+1}) = PM_0 \times \exp\left(\sum_{i=0}^t c_{i+1}\right)$$

avec  $VR(0) = PM_0$  où  $PM_0$  désigne la provision mathématique à l'instant 0.

Cette valeur de rachat est conditionnelle à la présence de l'assuré à la date de calcul. La valeur de rachat probabilisée est la valeur de rachat multipliée par la probabilité de présence dans le portefeuille.

La sortie du support d'épargne en euros peut s'expliquer par deux facteurs : le décès ou la cessation (rachats ou arbitrages des supports en € vers des supports en UC)<sup>9</sup>.

Soit :

- $q_t$  le taux de mortalité entre  $t$  et  $t + 1$  et  $q_{-1} = 0$ .
- $v_t$  le taux de rachat entre  $t$  et  $t+1$  et  $v_{-1} = 0$ .

Alors la valeur de rachat probabilisée (notée  $VRP(t + 1)$ ) est :

$$VRP(t + 1) = PM_0 \times \prod_{j=0}^t (1 - q_j)(1 - v_j) \times \exp\left(\sum_{i=0}^t c_{i+1}\right)$$

Et le flux de trésorerie sortant net de chargement et de frais à la date  $t + 1$  est :

---

<sup>9</sup> On parlera dans la suite de « rachat » ou de « cessation » sans distinction.



$$F_{t+1} = PM_0 \times \left( \prod_{j=0}^{t-1} (1 - q_j)(1 - v_j) \right) (q_t + v_t - q_t \cdot v_t) \times \exp \left( \sum_{i=0}^t c_{i+1} \right)$$

Les orientations nationales (ACPR [2013]) précisent que « En plus des rachats structurels que l'assureur peut observer dans un contexte économique « normal » sur les contrats d'assurance-vie épargne euro, l'assureur doit tenir compte de rachats conjoncturels ; ceux-ci interviennent notamment dans un contexte fortement concurrentiel lorsque l'assuré arbitre son contrat d'assurance au profit d'autres supports financiers (produits assuranciers, bancaires ou immobiliers) ». L'ACPR recommande d'utiliser des tables d'expérience ou de marché pour modéliser le rachat structurel. La modélisation du rachat conjoncturel (ou dynamique) présentée dans ACPR [2013] est discutée dans la section 2.4.

Les taux de rachats sont donc supposés s'écrire comme la somme d'un taux de rachat dynamique, traduisant des comportements d'arbitrages financiers et d'un taux de rachat structurel indépendants de l'économie (ex. la réalisation d'un retrait pour financer des vacances).

Ainsi, en introduisant l'espérance conditionnelle aux risques de marché et sous l'hypothèse d'indépendance<sup>10</sup>, on peut directement utiliser les taux de décès ou de rachats structurels donnés par les tables, réglementaires ou d'expérience, sans avoir recours à des techniques de simulations dans les simulations dans le processus de calcul du *best-estimate*.

En notant :

- $q_t$  taux de mortalité entre  $t$  et  $t + 1$ .
- $v_t$  taux de rachat entre  $t$  et  $t+1$ . Ce taux comprend le rachat dynamique et le rachat structurel.
- $R(t) = \prod_{j=1}^{t-1} (1 - v_j)$  et  $R(0) = 1$  est la part non-rachetée de l'épargne entre 0 et  $t$ .
- $\psi(t) = \exp\{\sum_{i=1}^t c_i - \sum_{i=1}^t r_i\}$  avec :
  - o  $c_i$  : le taux de revalorisation de l'épargne net de chargements à la date  $i$ . Ce taux doit être supérieur au taux minimum garanti ;
  - o  $r_i$  est le taux sans risque pour la période entre  $i - 1$  et  $i$ .

Alors sur un horizon de projection fini noté  $T$  le *best-estimate* net de chargements et de frais discrétisé s'écrit :

$$BE^{net}(0) = PM_0 \cdot E \left( \sum_{t=1}^T \frac{l_{t-1}}{l_0} \cdot R(t-1) \cdot (q_{t-1} + v_{t-1} - q_{t-1} \cdot v_{t-1}) \cdot \psi(t) + \frac{l_T}{l_0} \cdot R(T) \cdot \psi(T) \right)$$

Plus généralement (cf. ARMEL et PLANCHET [2019]), on peut écrire le *best-estimate* sous la forme :

$$BE(0) = PM_0 \cdot E \left( \sum_{t=1}^T \alpha_t \cdot \psi(t) \right)$$

<sup>10</sup> Une catastrophe de mortalité peut engendrer, néanmoins, l'arrêt de l'économie.

Le facteur  $\alpha_t$  prend en compte la probabilité de sortie durant l'année  $t$  à cause de décès ou de rachats, la probabilité d'être sous contrat à l'instant  $t - 1$  et les taux de frais ou de chargements. Ce facteur est stochastique car il dépend de l'état de l'économie (il intègre notamment les rachats dynamiques).

En pratique, cette espérance est évaluée par les praticiens sous une mesure « risque-neutre ». Elle nécessite donc la génération de scénarios économiques avec la probabilité « risque-neutre ». La pertinence de l'utilisation de cette mesure est discutée dans la section 3.

On peut noter également qu'à « l'intérieur de l'espérance », il y a notamment deux processus stochastiques dépendant de l'économie et des comportements des agents (assurés et assureurs) :

- Le taux de revalorisation qui dépend de l'état du marché et de la politique d'investissement de l'assureur. Il est, en outre, le résultat d'une optimisation du bénéfice sous les contraintes de l'économie et des comportements des assurés.
- Le taux de rachat dynamique traduisant un comportement d'arbitrage financier dont l'objectif est de maximiser la rentabilité. Il peut être négatif, ce qui signifie que les assurés rachètent moins que « d'habitude », notamment quand la « *moneyness* »<sup>11</sup> du contrat d'assurance leur est favorable, ou positif quand des investissements plus rentables, conditionnellement au risque, que le contrat d'assurance se présentent.

Les sections suivantes, 2.3 et 2.4, présentent une synthèse des pratiques retenues par la place pour modéliser la politique de revalorisation et les comportements dynamiques des assurés.

### 2.3 Algorithme de revalorisation : revue des pratiques de marché

Les options et les garanties proposées dans les contrats d'épargne en euros ont comme sous-jacent l'actif du fonds euros géré par l'assureur à sa discrétion.

Le [Tableau 1](#) présente la répartition de l'actif des assureurs en valeur de marché à fin 2016 (source FFA [2017a]).

---

<sup>11</sup> Cf. ARMEL ET PLANCHET [2019] pour une définition de la « *moneyness* » d'un contrat d'épargne en euro.

**Tableau 1 : Placements des sociétés d'assurance fin 2016**

<b>Encours des placements des sociétés d'assurances à fin 2016</b>	<b>En Md€</b>	<b>Allocation</b>
Actions d'entreprises	401	17%
Obligations d'entreprises	907	39%
Obligations émises ou garanties par l'État	773	33%
Actifs immobiliers	97	4%
Actifs monétaires	123	5%
Autres	49	2%
<b>Total</b>	<b>2 350</b>	<b>100%</b>
Dont sociétés vie et mixte	2 114	90%
Dont sociétés dommages	236	10%

On peut observer que :

- Les actifs détenus par les assureurs sont simples : obligations, actions, investissements en immobilier et du monétaire.
- Les actifs obligataires sont prédominants, traduisant une politique de gestion du *gap* de duration actif-passif par la « couverture » partielle des flux du passif par des flux obligataires.
- La liquidité est pilotée avec des investissements en actions et dans du monétaire ;
- La gestion de la performance est réalisée, notamment avec les investissements en actions, en immobilier et dans quelques actifs obligataires.

Si la composition des actifs des compagnies d'assurance peut montrer les similarités évoquées ci-dessus, les politiques de gestion, d'allocations et de *stock-picking* sont propres à chaque assureur.

Les modèles de valorisation des passifs prennent en compte la politique de gestion de l'actif de l'assureur. Cette gestion se traduit notamment par des allocations stratégiques, des réalisations de plus ou moins-values latentes (PMLV), des opérations d'achat-vente, etc...

À chaque date, l'assureur dispose de revenus financiers générés par son actif résultant de sa politique et peut revaloriser les contrats d'épargne.

L'algorithme de revalorisation des contrats d'épargne en euros peut se présenter comme un processus d'optimisation sous contraintes. L'assureur cherche à optimiser son résultat (par exemple : marge, ROE, dividende cible, taux de rendement interne...) sous les contraintes économiques, réglementaires, contractuelles et des comportements des assurés. On peut notamment lister les contraintes suivantes : taux technique, taux minimum garanti, taux de la concurrence et taux de participation aux bénéfices minimum.

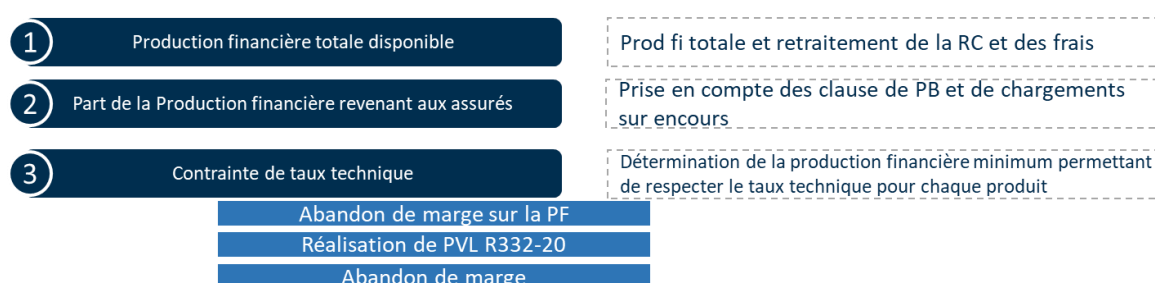
Dans les modèles de valorisation des passifs, l'optimisation de la marge ne se limite pas au seul algorithme de revalorisation, mais implique aussi la politique d'investissement. En effet l'assureur peut envisager de modéliser une politique d'achat-vente optimale des actifs obligataires, dont les PMVL réalisées dotent la réserve de capitalisation qui est assimilable aux fonds propres (et n'est pas acquise aux assurés). L'ACPR (ACPR [2013]) précise néanmoins que la politique obligataire de l'organisme dans les modèles actif-passif

doit être cohérente avec la politique obligataire pratiquée sous l'hypothèse de continuité d'activité.

L'examen des algorithmes de revalorisation de certains acteurs majeurs sur le marché de l'épargne en euros français a permis de dresser un schéma type du processus de revalorisation, qui est présenté dans la suite de l'article (figures 3 à 6). Il reprend les étapes d'optimisation de la rentabilité (désigné par « marge » dans le reste de l'étude), sous contraintes implémentées dans les modèles, et reflète les processus de revalorisation des contrats mis en place en pratique par les assureurs.

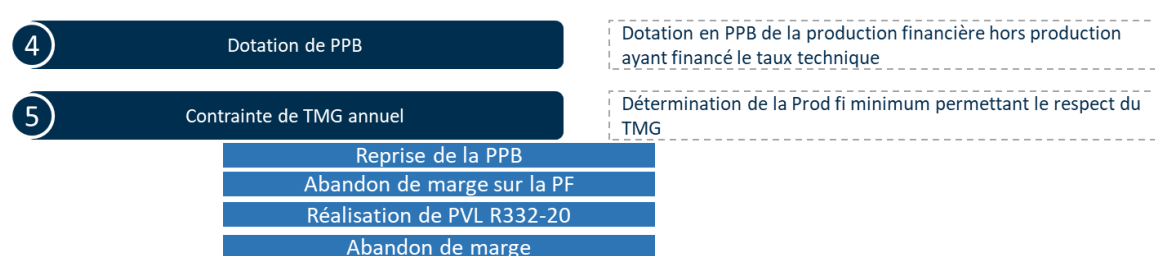
Les trois premières étapes visent à revaloriser les contrats du taux technique comme le montre la figure suivante. Notons que la sous étape d'abandon de marge sur PF (produits financiers au sens comptable) peut survenir chez certains acteurs après l'étape de réalisation de PVL (plus-values latentes).

**Fig. 3 : Service du taux technique**



Si la production financière est suffisante pour servir les taux techniques, la PPB est dotée du reliquat. La PPB ainsi augmentée est utilisée ensuite pour servir les taux minimums garantis (l'abandon de marge sur PF peut survenir chez certains acteurs après l'étape de réalisation de PVL).

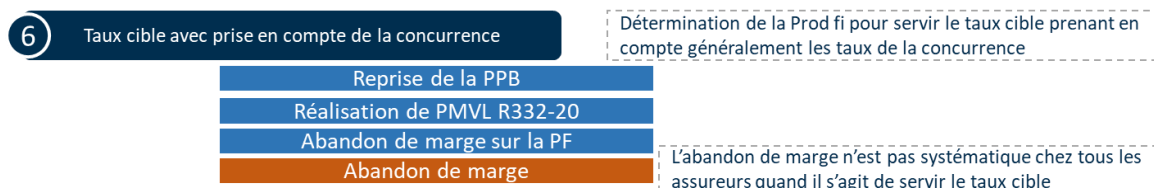
**Fig. 4 : Service du taux minimum garanti**



Si la PPB est suffisante pour payer les taux minimums garantis, alors on examine ce que l'on appelle « le taux de revalorisation cible »<sup>12</sup>. Quand la richesse (produits financiers et PPB) est significative, certains assureurs réalisent des moins-values latentes pour ajuster la richesse distribuée à la baisse et sortir du portefeuille les actifs en dépréciation. Si elle est significativement faible, on peut constater un abandon de marge sur les produits financiers ou une réalisation de PVL avant d'envisager un abandon de marge sur le résultat.

<sup>12</sup> Cf. ci-dessous pour une définition du taux de revalorisation cible et une présentation des pratiques de marché.

**Fig. 5 : Service du taux cible**



La dernière étape consiste à vérifier les contraintes de distribution de participation minimale obligatoire (notamment la PPB datant de plus de 8 ans).

**Fig. 6 : Correction du taux cible pour satisfaire la contrainte de PB min**



Les acteurs ont en pratique peu de marge quant à la revalorisation des contrats par les taux techniques ou les taux minimums garantis. On observe des écarts à la marge dans les modèles de génération de produits financiers :

- Sur l'étape 1 – production financière : réalisation systématique de X % des PMVL (turnover systématique sur actions et immobilier), réallocation des actifs...
- Sur les étapes 3 et 5 : certains assureurs réalisent des PVL avant tout abandon de marge sur les produits financiers (PF).

Pour l'étape 6, des approches hétérogènes sont observées sur la place pour la définition du taux de revalorisation cible. On distingue usuellement des logiques faisant intervenir « un taux espéré par l'assuré » et une ou plusieurs références dans la construction de ce taux :

- Les taux d'intérêt éventuellement retraités du taux de chargements sur encours (p. ex. TME, taux *swap* ou zéro-coupon 10 ans, moyenne pondérée de taux *swap* 1 an et 10 ans, livret A, taux *swap* 10 ans augmenté de l'ajustement pour volatilité, etc.) ;
- Des performances financières d'un indice (p. ex. ajustement des performances du CAC40 sur 3 ans) ;
- Benchmark interne (p. ex. taux servi aux assurés l'année N ou N-1) ;
- Taux concurrentiel comme le taux publié par l'ACPR (ACPR [2018]) ou le taux de rendement moyen du marché.

D'autres exemples de références sont fournis par l'Institut des actuaires ([2016], p. 42).

La majorité des approches mises en pratique utilisent un ou deux indicateurs, dont très fréquemment, un indicateur de taux d'intérêt. Cette logique se justifie notamment par la relation étroite que l'on observe entre le taux de l'OAT et les revalorisations observées dans le passé (cf. BOREL-MATHURIN et al. [2018]).

Certains assureurs supposent, par exemple, que le taux attendu par les assurés est une moyenne pondérée « d'un effet mémoire » et d'un taux servi par la concurrence supposé égale au taux OAT 10 ans :

$$Tx\_attendu(t) = \max(TMG, a \times tx\_Servi(t - 1) + (1 - a) \times OAT(t, 10ans))$$

Le taux cible final correspond au taux attendu diminué d'un *Spread* subjectif qui matérialise des caractéristiques du produit représentant un frein aux rachats, comme une garantie de taux ou une fiscalité particulièrement avantageuse.

$$Tx\_cible(t) = \max(TMG, Tx\_attendu(t) - Spread(t))$$

Le taux de revalorisation final peut être différent (à la hausse ou à la baisse) du taux cible défini à l'étape 6.

L'écart entre le taux de revalorisation et le taux attendu par les assurés est utilisé par les praticiens comme une variable déterminante du rachat dynamique. La section suivante présente une synthèse des pratiques de la place.

#### 2.4 Comportements dynamiques des assurés

Le comportement dynamique des assurés est modélisé par le rachat dynamique. Il est donc supposé dans les modèles de la place que les assurés modulent leurs rachats à la hausse ou à la baisse en fonction des opportunités d'arbitrages financiers qui se présentent.

D'après ACPR [2013], les rachats dynamiques sont couramment modélisés par une fonction dépendant uniquement de l'écart entre le taux servi et un taux dépendant de l'environnement économique, souvent appelé taux de rendement espéré par l'assuré (cf. section 2.3). Le taux de rachats dynamiques devra être additionné au taux de rachats structurels.

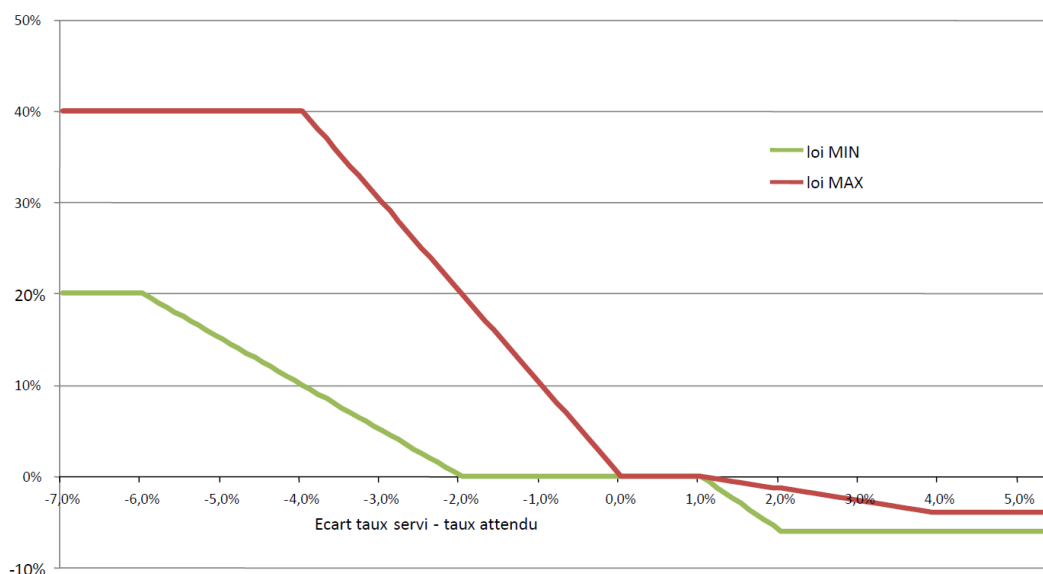
Si le taux servi (TS) est inférieur au taux attendu (TA) par les assurés, ces derniers auront tendance l'année suivante à racheter plus que ne l'indique la courbe de rachats structurels.

À l'inverse, si les assurés se voient offrir un taux supérieur à leurs attentes, ils rachèteront, l'année suivante, moins que par le passé.

L'ACPR (ACPR [2013]) propose de maintenir, dans les modèles, les rachats dynamiques en fonction de l'écart ( $TS - TA$ ) à l'intérieur d'un tunnel présenté dans la figure Fig. 7.

La majorité des organismes utilise la forme de loi proposée par l'ACPR (ACPR [2013]) pour modéliser les rachats dynamiques. Cette forme de loi consiste à supposer que le rachat dynamique est une fonction affine par morceau de la grandeur ( $TS - TA$ ).

Fig. 7 : Tunnel min-max proposé par l'ACPR pour la modélisation du rachat dynamique



Le modèle de rachats dynamiques implémenté par la place suppose donc explicitement que la décision de rachat résulte d'un raisonnement se basant sur des données historiques (les taux servis et les taux de la concurrence à date) et non sur les anticipations rationnelles des assurés (cf. section 3.1.3 pour une discussion sur les implications mathématiques de ce point).

Les écarts de modélisation que l'on peut observer entre assureurs portent sur le paramétrage de la fonction de réaction affine par morceaux (taux attendu, seuils, etc.), mais pas sur le cadre de base. Sur le plan académique, le peu de références existantes sur le sujet, portent sur la rationalisation des paramètres de la fonction affine par morceau ou l'étude de variables explicatives des rachats (par exemple SURU [2011] et RAKAH [2015]). On trouve aussi quelques travaux proposant des modélisations à l'aide de régressions de type logistique (cf. SAKHO [2018]).

Dans cette section, nous avons présenté la démarche de construction des flux futurs des contrats d'épargne en euros afin d'évaluer le *best-estimate*. Nous avons également présenté une synthèse des pratiques de modélisation de la place.

Dans la section suivante, nous allons discuter la pertinence du choix, par la place, d'une mesure de probabilité « risque-neutre » pour valoriser les passifs et sa cohérence avec les comportements, modélisés et observés, des agents (assureurs et assurés).

### 3 Mesure de probabilité et règles de gestion

Les conditions nécessaires et suffisantes à l'utilisation de la mesure de probabilité « risque-neutre » pour l'évaluation du *best-estimate* sont :

- L'absence d'opportunités d'arbitrage (AOA).
- La complétude du marché.



En effet, les travaux de HARRISSON et KREPS [1979] et HARRISON et PLISKA [1981] ont montré que, sous l'hypothèse de marché complet<sup>13</sup> et d'AOA, il existe une unique mesure de probabilité équivalente à la probabilité historique telle que les prix actualisés soient, sous cette probabilité, des martingales. Ce résultat ramène le calcul du prix d'un actif à un calcul d'espérance.

Plus généralement on notera qu'actualiser les prix au taux sans risque revient à changer de numéraire : au lieu d'exprimer la valeur d'un actif en unité monétaire courante, on l'exprime dans une unité particulière, constituée par un bon de capitalisation au taux sans risque. Cette approche a été généralisée par GEMAN, EL KAROUI et ROCHET [1995] qui montrent qu'on peut associer à tout numéraire (processus mesurable strictement positif), une mesure de probabilité sous laquelle les prix des actifs sont des martingales.

Nous discutons dans la suite les deux hypothèses nécessaires à l'existence d'une mesure de probabilité risque neutre unique en assurance vie : AOA et complétude.

### 3.1 Opportunités d'arbitrage dans le marché de l'épargne en euros

Un marché sans opportunités d'arbitrage est un marché où il est impossible de mettre en œuvre une stratégie financière qui, tout en n'impliquant aucun investissement initial, assure un gain espéré non nul.

Dans un marché liquide, ou il n'y a ni coûts de transaction, ni limitations sur la gestion (achat-vente) des actifs supports, il n'y a pas d'opportunité d'arbitrage (EL KAROUI [2004]). La propriété d'absence d'opportunité d'arbitrage est satisfaite sur tout marché parfait en équilibre.

En assurance, la présence et la persistance des opportunités d'arbitrages s'expliquent au moins par :

- La structure du marché de l'assurance épargne en euros et la nature des contrats.
- L'asymétrie d'information et la rationalité limitée des agents intervenant sur ce marché.

#### 3.1.1 Quelques opportunités d'arbitrage liées à la structure du marché de l'assurance

##### 3.1.1.1 Exemple 1 : Richesse initiale et opportunités d'arbitrage

Un investisseur souhaitant investir un montant de  $PM(0)$  dans un fonds en euros peut profiter d'une richesse initiale cumulée par l'assureur. Cette dernière se présente comme suit :

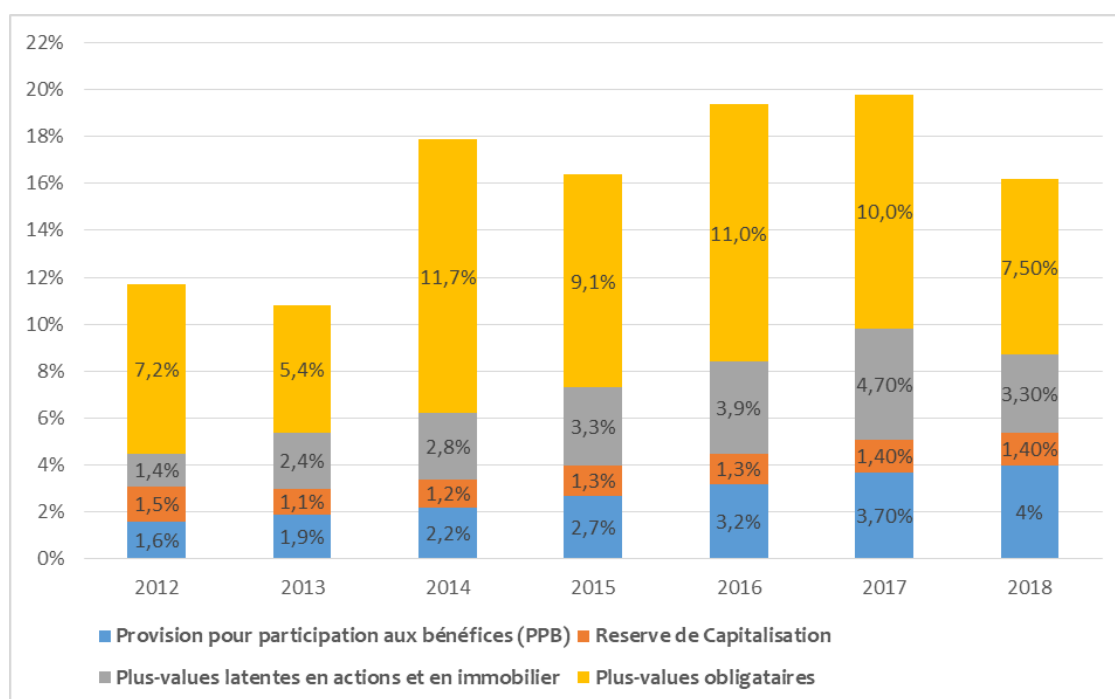
---

<sup>13</sup> Dans le cadre idéalisé du marché, les titres sont parfaitement divisibles et les ventes à découvert sont permises. Les opérateurs sont rationnels et disposent de la même capacité à traiter l'information. Ils ne peuvent pas faire bouger les prix par une action individuelle. Il n'y a pas de barrière aux emprunts. Les taux de prêt et d'emprunt sont identiques. Il n'y a pas de frais de transaction, ni de fiscalité.

- La provision pour participation aux bénéfiques qui est totalement acquise aux assurés présents à la date de sa distribution (et non lors de sa dotation). Sa distribution est à la discrétion de l'assureur.
- Les plus ou moins-values latentes de l'actif du fonds en euros. Rappelons que les produits financiers sont évalués sur la base des valeurs comptables des actifs.
- Les provisions permettant le pilotage des rendements comptables, comme la réserve de capitalisation, la provision pour aléas financiers et la provision pour risque d'exigibilité. Ces provisions sont à la discrétion de l'assureur.

Le graphique ci-après (Fig. 8) illustre l'importance de la richesse initiale cumulée par les entreprises régies par le code des assurances sur le marché français (cf. FFA [2017b] et FFA [2019]).

**Fig. 8 : Richesse initiale des assureurs sur le marché français de 2012 à 2018 en % des provisions d'assurance vie hors UC**



En 2018, la richesse initiale maximale moyenne des assureurs vie est d'au moins 16,1 % des encours des fonds en euro. Ce qui est comparable à trois fois les fonds propres cumulés (cf. [Tableau 2](#)).

La richesse initiale acquise totalement aux assurés est de 4,0 %. Ainsi, la richesse initiale pouvant être distribuée par l'assureur sans obligation réglementaire et à sa discrétion peut varier théoriquement dans un intervalle dont le diamètre représente 12,1 % des encours en 2018. Ce qui est comparable à deux fois les fonds propres cumulés des assureurs vie en 2018 comme le montre le tableau suivant.

**Tableau 2 : Les encours et fonds propres des sociétés d'assurance vie et mixtes (FFA [2019])**

(en Md€)	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Provisions techniques brutes au bilan	1 558,7	1 636,3	1 713,3	1 783,0	1 844,5	1 863,8
Fonds propres <sup>1</sup>	63,2	66,1	70,9	73,4	76,5	79,0
Ratio : fonds propres et plus-values latentes / provisions techniques (%)	10,7%	16,6%	14,7%	15,1%	14,7%	11,9%
Part des unités de compte dans les provisions techniques au bilan (%)	15,8%	16,3%	17,0%	17,8%	19,7%	18,8%
Plus-values latentes	109,2	210,8	187,9	202,1	200,9	150,1

<sup>1</sup> Y compris résultat de l'exercice

Cette richesse initiale crée de fait une opportunité d'arbitrage. En effet, elle est acquise en partie aux assurés et sera distribuée dans les taux de revalorisation futurs en plus de la performance de l'actif. Ainsi, la valeur actuelle d'un investissement de  $PM(0)$  unités monétaires peut être supérieur ou égale à  $PM(0)$  comme le montrent ARMEL et PLANCHET [2019].

Un investisseur peut en théorie avoir une position courte de  $PM(0)$  sur un actif sans risque et investir  $PM(0)$  dans un contrat d'assurance (qui est sans risque pour les investissements de moins de 70 000 euros, cf. section 7).

### 3.1.1.2 Exemple 2 : participation aux bénéficiaires discrétionnaire et opportunités d'arbitrages

La politique de l'assureur a un impact significatif sur la valeur du contrat d'assurance. Soit en effet deux assureurs A et B avec des caractéristiques identiques : les mêmes actifs et passifs, évoluant dans un même environnement économique et ayant la même richesse initiale.

Si l'assureur B décide dans sa politique de revalorisation de prendre une marge inférieure à celle de l'assureur A, cela implique que les taux de revalorisation servis par l'assureur B sont plus importants et la valeur d'un passif B est donc supérieure à celle d'un passif A.

La vente à découvert de contrats A et l'achat de contrats B permet de générer un gain certain pour l'assuré.

Plus généralement, ARMEL et PLANCHET [2019] montrent que la valeur des passifs des contrats d'épargne en euros dans le référentiel Solvabilité 2 n'est pas unique et ne représente pas seulement la valeur du risque, mais au mieux, celle du risque conditionnellement à la politique de revalorisation de l'assureur.

Le *best-estimate* peut prendre toutes les valeurs dans un intervalle fermé dont les bornes sont indépendantes des choix de modèles de génération de scénarios économiques.

La largeur de cet intervalle peut être significative et correspondre à l'écart entre une richesse initiale minimale, dont la distribution est obligatoire, et une richesse maximale à la disposition de l'assureur<sup>14</sup>.

Sur la base des statistiques présentées dans le Tableau 2, la largeur peut être évaluée en moyenne comme l'écart entre la richesse initiale totale et la PPB. Elle a atteint 12,1 % des encours à fin 2018 (comparable à deux fois les fonds propres).

<sup>14</sup> Pour plus de détail sur la construction de cet intervalle le lecteur peut consulter ARMEL et PLANCHET [2019].

Les deux exemples précédents illustrent des cas explicites où l'on peut observer des opportunités d'arbitrages en assurance vie.

Par ailleurs, on peut observer chaque année des écarts assez significatifs entre les taux de revalorisation des contrats d'épargne en euros du marché français<sup>15</sup> sans que cela n'engendre des écarts de risques pour les assurés, ni des transferts d'épargne substantiels entre assureurs.

Plus généralement, les mécanismes de partage et de mutualisation de la richesse (initiale et générée durant la vie du fonds euro) entre (1) l'assureur et les assurés via les règles de participation aux bénéfices, de dotation de la réserve de capitalisation et des autres réserves, et (2) entre les assurés d'une même génération (la PB est acquise à tous) et de générations différentes<sup>16</sup> via la PPB et les autres réserves, créent de fait des opportunités d'arbitrage. En effet, on peut constater que :

- Les politiques discrétionnaires des assureurs créent des opportunités d'arbitrage car les rendements sont hétérogènes malgré la similarité des risques pour l'assuré (nuls pour les encours inférieurs à 70 000 euros) ;
- La mutualisation du rendement entre assurés et le partage de la richesse cumulée (PMVL, PPB, et les autres réserves) permet de profiter (ou éviter) des performances passées de l'actif sans y avoir investi initialement.

L'existence et la persistance de ces opportunités d'arbitrage peuvent s'expliquer, au moins, par la structure du marché de l'épargne, l'asymétrie d'information et la rationalité limitée des agents.

### **3.1.1.3 Le marché de l'épargne en euros : des opportunités d'arbitrages persistantes**

Les opportunités d'arbitrages en assurance persistent et il n'est pas toujours possible de les saisir. Cela peut s'expliquer au moins par les limites structurelles suivantes du marché de l'épargne en euros :

- Liquidité : les transferts de portefeuilles d'épargne en euros entre assureurs sont peu fréquents et les rachats des polices par les assurés peuvent être réglés dans un délai de 2 mois.
- Limitations sur la gestion (achat-vente) :
  - Il est impossible de transférer des contrats d'épargne en euros en France à une autre personne. Le seul acheteur potentiel du contrat est l'assureur qui l'a vendu. La valeur de rachat n'est pas la valeur économique, mais la valeur de l'épargne acquise à la date de rachat.
  - Une opération de rachat sur un contrat n'est pas symétrique à une opération de versement sur ce même contrat. L'impact sur les *payoffs* peut être

<sup>15</sup> <https://www.argusdelassurance.com/epargne/assurance-vie/assurance-vie-tous-les-rendements-2018-des-fonds-en-euros.139849>

<sup>16</sup> HOMBERT et LYONNET [2017] étudient le partage de risque intergénérationnel dans les contrats d'assurance vie en euros. Ils montrent que les taux de revalorisation sont substantiellement moins volatils que les rendements de l'actif de l'assureur, ce qui les rend plus prévisibles et montrent que les flux de collecte ne réagissent que faiblement à la prédictibilité de ces taux.

significatif et dépend de la nature des clauses contractuelles comme : les garanties de taux, la répartition de l'investissement entre les supports en euros et en UC, les prélèvements, la structure de frais, la pénalité fiscale, etc.

- Les transferts de contrats entre assureurs sont relativement rares.
- Le coût en cas de rachat est important : il se compose d'une pénalité de rachat facturée par l'assureur et d'une pénalité fiscale (cf. section 7).

Ces limites structurelles des échanges des contrats d'épargne en euros et leur nature font que le marché de l'assurance épargne est sensiblement différent des marchés financiers organisés ou la coordination des agents par le prix est plus efficace.

Cette efficacité sur les marchés financiers peut s'expliquer par la construction d'un espace organisant et fluidifiant les échanges (liquidité, réduction des frottements, vente à découvert, compensation des options, pénalisation de certaines asymétries d'information comme le délit d'initié, etc.).

En effet, dans le paradigme standard d'équilibre général, il est supposé que la coordination des agents soit assurée par les prix. Compte tenu de l'hypothèse de rationalité, les contrats élaborés par les agents sont complets et optimaux. Ils assurent parfaitement leur coordination et sont de ce fait le seul moyen de coordination nécessaire.

Cependant, d'après l'économie des conventions (cf. BATIFOULIER et al. [2001] et EYMARD et al. [2006]), les prix sont en effet le moyen de coordination efficace lorsque toutes les hypothèses de la théorie de l'équilibre général sont vérifiées. Ils n'assurent plus la coordination interindividuelle parfaite lorsque, notamment, il existe une incertitude et d'importantes asymétries d'information (cf. section 3.1.2.2).

Absente de la théorie walrassienne, la convention serait un élément de coordination complémentaire au mécanisme de prix. Pour les auteurs conventionnalistes, le prix est donc un moyen de coordination parmi d'autres et efficace dans un espace particulier : le marché. Celui-ci est structuré par des règles. SEARLE [1995] en distingue deux catégories : les règles régulatrices et les règles constitutives (cf. BATIFOULIER et al. [2001]).

La régulation des pratiques est faite par des règles régulatrices. Ces règles sont au même titre que le prix, un moyen de coordination interindividuelle. Elles régulent des conduites qui existaient déjà auparavant comme le mode d'échange d'information : interdire le délit d'initié.

Les règles constitutives créent la possibilité même de la coordination des conduites et les instituent. Elles ne règlent pas une activité qui existait auparavant, mais définissent l'espace, le cadre, les contraintes et les règles de l'interaction entre les agents. Prenons l'exemple du commissaire-priseur (remplacé par les robots sur les places boursières). Celui-ci est centralisateur de l'information, crieur de prix, appliquant la loi de l'offre et la demande et interdisant tout échange avant l'atteinte de l'équilibre. Sans ces règles, les prix ne peuvent assurer la coordination des décisions. Le marché est donc un espace construit. C'est parce qu'il existe des règles qui structurent l'espace de coordination du marché financier que les prix assurent la coordination comme l'illustre bien l'article de MUNIESA [2000]. Ces règles ne sont pas de simples moyens de coordination au même titre que les

prix, elles définissent le cadre à l'intérieur duquel un moyen de coordination, ici le prix, opère.

Nous avons montré dans cette section la présence, sur le marché de l'épargne en euros, d'opportunités d'arbitrage que la structure de ce marché et la nature des contrats ne permettent pas de saisir.

La présence d'opportunités d'arbitrage peut s'expliquer, en outre, par (1) l'inefficience informationnelle des marchés et (2) la rationalité limitée (ou l'irrationalité) des agents (assurés et assureurs). Ces deux points sont discutés dans les sections suivantes (3.1.2 et 3.1.3).

### 3.1.2 Efficience des marchés et asymétries d'information

Quel rapport entre l'arbitrage et l'efficience des marchés ? Si la structure des prix sur les marchés est telle que certains éléments prédictibles des prix futurs ne sont pas reflétés dans les prix actuels, alors il devient possible de réaliser, en espérance, un profit sans investissement initial et d'exploiter donc une opportunité d'arbitrage. Sous l'hypothèse d'efficience des marchés, de telles opportunités d'arbitrage ne sont pas possibles.

L'efficience informationnelle est donc une condition nécessaire à l'existence d'une probabilité risque neutre.

Par ailleurs, l'article 75 de la norme Solvabilité 2 précise que les passifs sont « *valorisés au montant pour lequel ils pourraient être transférés ou réglés dans le cadre d'une transaction conclue, dans des conditions de concurrence normales, entre des parties informées et consentantes* ».

Cette définition associe la valorisation en « juste valeur » des passifs et l'idée de contractants bien informés. L'information est considérée donc comme une hypothèse centrale dans l'évaluation du juste prix des passifs.

Aussi, outre le sujet, désormais classique, de l'efficience informationnelle des marchés financiers (cf. WALTER [1996], [2005] et [2013]), on peut observer des situations d'asymétries d'information en assurance.

La section 3.1.2.1 revient sur la notion d'efficience informationnelle et ses limites. La section 3.1.2.2 présente quelques asymétries d'information que l'on peut observer sur le marché de l'épargne en euros.

#### 3.1.2.1 Efficience informationnelle<sup>17</sup>

Introduite formellement en 1965 par Fama (complétée et amendée entre 1965 et 1976 par le même auteur), l'idée de l'efficience des marchés financiers représente l'aboutissement d'un siècle de pensée théorique financière. Cette reconstruction séculaire est présentée en détail dans WALTER ([1996], [2005] et [2013]).

On dit simplement qu'il y a efficience lorsque les prix reflètent toute l'information disponible. WALTER [2013] propose de parler « d'efficacité » informationnelle et non

---

<sup>17</sup> Cette section est inspirée des travaux de WALTER ([1996], [2005] et [2013]) et ORLÉAN [2008].



d'efficience. Dans ce cas, « *l'efficacité d'un marché dans le sens informationnel serait sa capacité à transformer de l'information en prix. De ce point de vue, un marché peut être plus ou moins efficace dans le sens où le prix peut intégrer plus ou moins d'information* ». Le même auteur considère l'hypothèse d'efficacité informationnelle comme une convention stochastique.

Par ailleurs, la critique de cette hypothèse sur les marchés financiers peut s'organiser en trois volets :

- Les incohérences internes, par exemple :
  - La théorie des bulles rationnelles (exemple : BLANCHARD et WATSON [1984], TIROLE [1982] et [1985]) qui partent du principe que les anticipations portant sur les prix et non sur les fondamentaux se réalisent quand les acteurs y adhèrent. Le prix n'est donc pas le produit de l'information mais d'une vision stratégique des acteurs (exemple de HARRISON et KREPS [1978] où chaque investisseur est amené à modifier son évaluation en fonction de l'évaluation proposée par autrui).
  - Le paradoxe de GROSSMAN et STIGLITZ [1980] : si le prix est efficient et si l'information est coûteuse, alors il est rationnel de ne pas s'informer directement. Mais s'il en est ainsi, plus personne n'étant incité à s'informer, le prix ne peut pas être efficient.
- La finance comportementale s'est développée autour de la psychologie cognitive (notamment de KAHNEMAN et TVERSKY [1979]) et fonde son raisonnement principalement sur l'hypothèse de corrélation des irrationalités des agents. L'arbitrage réel étant risqué, cette hypothèse conteste vivement l'argument néoclassique selon lequel l'arbitrage d'acteurs rationnels fera converger les prix vers leurs fondamentaux.
- La finance auto-référencée (ORLÉAN [2004]) vise à montrer qu'il est possible de concevoir un cadre théorique rejetant l'hypothèse d'efficience, tout en refusant de faire de l'irrationalité des acteurs une pièce centrale de sa compréhension des bulles spéculatives. L'approche autoréférentielle refuse de faire de la valeur fondamentale, une donnée objective, préexistante à son calcul et susceptible d'être connue par tous les investisseurs. L'évaluation légitime est le résultat du processus autoréférentiel, lui-même, au cours duquel chacun cherche à se positionner face aux anticipations des autres.

Outre les limites de l'hypothèse d'efficience des marchés financiers, qui s'étendent naturellement au marché de l'épargne français, on peut observer des asymétries d'information spécifiques à l'assurance vie. Ce point est discuté dans la section suivante.

### **3.1.2.2 Asymétries d'information du marché d'épargne en euros**

ALBRECHER [2016] liste des situations d'asymétries d'information en assurance dont des éléments sont repris dans la suite, enrichis et adaptés aux contrats d'épargne en euros.

#### **Asymétries d'information entre les agents et le « monde »**



Cette asymétrie concerne tous les intervenants sur le marché de l'assurance vie : assureurs, assurés, réassureurs, gestionnaire d'actif, etc. Elle consiste à distinguer l'incertitude du risque. Keynes affirme, en effet, que personne ne peut connaître l'ensemble des événements susceptibles d'affecter sa décision. L'ensemble des possibles n'est pas une donnée préalable aux choix ; ceux-ci s'effectuent généralement à partir d'une connaissance limitée des faits. Ainsi, l'incertitude ne peut plus se réduire à un calcul de probabilités sur un ensemble donné d'états de la nature, mais doit être considérée comme radicale.

### **Asymétries d'information entre l'assuré et l'assureur**

L'assuré dispose de plus d'informations sur ses objectifs d'investissement et son profil de risque réel que ce qu'il exprime à l'assureur.

La connaissance de l'assureur, du processus de raisonnement qui peut pousser un assuré à arbitrer son épargne et de son niveau de connaissance des marchés, est limitée. D'ailleurs, l'hétérogénéité observée sur le marché dans la définition des taux attendus montre l'absence de consensus sur la caractérisation des comportements des assurés.

Aussi, l'assureur ne dispose pas d'une information complète de la situation financière évolutive de l'assuré et qui peut avoir un impact sur son comportement : situation fiscale, revenus, patrimoine, carrière...

Enfin, l'assureur n'est pas en mesure d'anticiper totalement les objectifs d'investissement des assurés dans un environnement économique et fiscal en changement permanent (ex. objectif de succession ou d'utilisation du contrat d'assurance comme « livret » d'épargne à court terme compte tenu de la baisse des taux des livrets bancaires<sup>18</sup>).

Un rachat prive l'assureur de sa marge future et peut générer des pertes si l'assuré ne reste pas suffisamment longtemps pour couvrir les frais engagés par l'assureur pour souscrire le contrat. Par symétrie, quand la « *moneyness* » profite à l'assuré, la baisse des rachats coûte à l'assureur.

### **Asymétries d'information entre l'assureur et l'assuré**

L'expérience de l'assureur, sa capacité à mieux mesurer la rentabilité du contrat et son risque (et le mutualiser) créent de fait des asymétries d'information dont une liste non-exhaustive est présentée ci-après :

- **La politique d'investissement** : l'assureur connaît parfaitement son actif (sous-jacent aux options vendues aux assurés). La politique discrétionnaire de gestion de celui-ci rend difficile l'anticipation, par les assurés, des flux futurs du sous-jacent sur toute la vie du contrat. En effet, la politique d'allocation et de *stock-picking* est mise à jour régulièrement par l'assureur et la composition de l'actif (donc du sous-jacent) peut changer à sa discrétion.
- **La politique de pilotage de la richesse** : l'assureur peut piloter les plus-values latentes (PVL) de son portefeuille obligataire avec la réserve de capitalisation<sup>19</sup>. Par

<sup>18</sup> Cf. par exemple Les Echos [2020].

<sup>19</sup> La réserve de capitalisation est une provision technique admise comme élément de fonds propres sous Solvabilité 2.

exemple, dans un contexte de taux négatif, une obligation OAT achetée avant la politique d'assouplissement monétaire de la BCE est en PVL et affiche des coupons intéressants. Ces coupons profitent aux assurés sous forme de produits financiers si cette obligation n'est pas vendue. Si celle-ci est vendue, la PVL dote la réserve de capitalisation (assimilable aux fonds propres) et constitue pour l'assureur, un moyen de couvrir partiellement le risque de hausse des taux. L'assuré est, cependant, privé d'un surplus de revalorisation.

- **La politique de revalorisation de l'assureur** : elle est à sa discrétion et n'est pas figée dans l'espace (par exemple, la décision de revaloriser certains contrats plus que d'autres), ni dans le temps (par exemple, changement des objectifs de ROE).
- **La capacité de calcul** de l'assureur cumulée à sa meilleure connaissance des actifs et des passifs fait qu'il est mieux informé de la « *moneyness*<sup>20</sup> » des contrats. L'assureurs peut profiter de cette information pour lancer des campagnes de rachats (*buy-back*) des contrats en incitant les assurés à sortir moyennant des bonus. L'assureur profite ainsi d'une opportunité d'arbitrage lui permettant de payer moins cher ses engagements au passif<sup>21</sup>.
- **La connaissance de la concurrence** : l'assureur dispose également d'une meilleure connaissance de la concurrence et peut, en conséquence, ajuster sa politique commerciale, sa gestion des investissements et sa politique de revalorisation afin d'avoir une meilleure optimisation de sa marge.

### **Autres asymétries d'information**

Il existe une asymétrie d'informations naturelle entre les assureurs concurrents sur le marché de l'épargne en euros. Cela concerne, par exemple, les profils de rendements / risques des assureurs, l'attitude et l'évaluation du marché entre concurrents, la nature des actifs et des passifs, les politiques de revalorisation, etc.

La prise en compte dans le modèle de valorisation Solvabilité 2 des anticipations, que fait l'assureur de la position de ses concurrents, se matérialise par l'introduction d'un taux, dit de la concurrence, dans l'algorithme de revalorisation. On observe cependant une hétérogénéité entre assureurs pour le choix et l'objectivation de ce taux (cf. section 2.4).

Enfin, on peut noter qu'il y a naturellement des asymétries d'information entre l'assureur et le réassureur, ainsi qu'entre l'assureur et les investisseurs compte tenu d'une meilleure connaissance par l'assureur de son profil de rendement / risque.

Les asymétries d'information observées sur le marché de l'assurance impliquent systématiquement la présence d'opportunités d'arbitrage. Par ailleurs, EYRAUD-LOISEL [2019] montrent que le caractère incomplet du marché est dû non seulement à un manque d'actifs de réplication, mais aussi à un manque d'information. L'incomplétude du marché de l'épargne en euros peut s'expliquer donc au moins par l'incapacité à répliquer les flux et l'asymétrie d'information. La construction d'un portefeuille de réplication auto financé

<sup>20</sup> Cf. ARMEL et PLANCHET [2019] pour une définition de cette notion dans le cas des contrats d'épargne en euros.

<sup>21</sup> Cf. Les Echos [2016] pour un exemple de campagne de *buy-back*.

pour couvrir les options et les garanties du passif ne peut être envisagée que de façon partielle (cf. section 3.2).

### **3.1.3 La rationalité des agents**

À l'évidence, si tous les agents sont rationnels, au sens de la théorie financière, l'efficacité informationnelle prévaut. En effet, si chaque agent est capable d'évaluer correctement les prix, aucune valorisation ne peut dévier de la « juste » valeur du contrat. Les agents rationnels sont alors des preneurs de prix et leurs comportements sont coordonnés par ce dernier. Cependant, l'irrationalité des agents peut rendre les prix inefficients et créer donc des opportunités d'arbitrages.

Après une revue de littérature synthétique sur l'hypothèse de rationalité des agents, nous présentons quelques limites spécifiques à l'assurance vie dans cette section.

#### **3.1.3.1 Qu'est-ce qu'être rationnel ?**

L'axiomatisation achevée par SAVAGE [1954] suppose que tout individu, face à un choix, connaît l'ensemble de ses actions possibles, ainsi que la liste exhaustive des circonstances (états de la nature) susceptibles de l'affecter. Il lui suffit de choisir l'action lui permettant d'atteindre la satisfaction la plus élevée possible optimisant ainsi son utilité.

Plusieurs travaux empiriques réfutent la théorie de l'utilité espérée. Les critiques empiriques se focalisent notamment sur l'hypothèse de la cognition des individus (KAHNEMAN et TVERSKY [1974]). La théorie de l'utilité espérée dote, en effet, les agents de capacités cognitives importantes. Or, les individus ne peuvent pas déterminer l'action optimale, car ils n'ont ni les capacités de recueil et d'analyse de l'information, ni les capacités de calcul nécessaires.

SIMON [1976] propose une redéfinition de la rationalité et oppose les concepts de rationalité substantielle et rationalité procédurale.

L'hypothèse de rationalité substantielle est celle proposée par la théorie économique standard : l'agent maximise l'espérance mathématique d'une fonction d'utilité donnée. Cette conception est qualifiée de substantielle car le jugement de rationalité ne porte que sur le résultat de la décision. Elle s'oppose à l'hypothèse de rationalité procédurale, qui s'intéresse au processus de délibération qui conduit à une décision. Une décision est alors jugée rationnelle, si le processus qui l'a engendrée est rationnel.

Par ailleurs, la rationalité limitée est une notion critique de la maximisation de l'utilité espérée. Avant d'opposer rationalité substantielle et rationalité procédurale, SIMON [1947] oppose rationalité illimitée et rationalité limitée. Mais si les rationalités substantielles et illimitées ne correspondent qu'à une seule et même hypothèse, celle utilisée en économie, les rationalités procédurale et limitée sont distinctes.

La rationalité limitée signifie que les individus ne disposent ni de l'information, ni des capacités de calcul nécessaires pour pouvoir maximiser une fonction d'utilité. Une fois reconnu les limites cognitives des agents, il est nécessaire de déterminer les procédures de décision suivies par les agents, puisque celle-ci transparaissent alors dans leurs comportements : la recherche, l'évaluation et l'ordonnancement des différentes actions

envisageables procèdent d'un processus de délibération. La rationalité limitée n'est qu'une caractérisation négative de la rationalité, dont l'aspect positif est la rationalité procédurale (BATIFOULIER et al. [2001]).

Dans une vision Keynésienne de la coordination, l'agent ne fait pas que calculer lors de la délibération procédurale conduisant à une décision, il interprète. Il sélectionne, en effet, les informations qu'il juge principale pour formuler sa décision. On parle alors de rationalité interprétative (BATIFOULIER et al. [2001]).

### **3.1.3.2 La rationalité des agents sur le marché de l'épargne**

En raison du manque de données disponibles, la caractérisation des comportements des assurés générant des arbitrages financiers optimisateurs de l'utilité est un sujet délicat. Comme expliqué dans la section 2.4, la majorité des acteurs suppose que le rachat dynamique dépend d'une fonction de satisfaction mesurée comme la simple différence entre un taux servi et un taux attendu. Ce dernier n'est pas simple à caractériser et sa définition diffère d'ailleurs d'un acteur à l'autre.

Les risques de rachats structurels et de rachats massifs en assurance-vie ont été analysés dans de nombreuses publications actuarielles comme MILHAUD et al. [2010] et LOISEL et MILHAUD [2011].

À ce jour, aucune publication ne permet de caractériser parfaitement le phénomène de rachat dynamique, motivé par une volonté d'arbitrage financier pour optimiser l'espérance du gain.

Par ailleurs, le parallèle que l'on peut faire entre les paniques bancaires et les rachats dynamiques n'est pas totalement pertinent, dans la mesure où les deux phénomènes ont des motivations différentes et que les leviers des assureurs sont différents de ceux du secteur bancaire. D'ailleurs, les rachats importants que l'on a observés sur le marché français étaient localisés, ne concernant que quelques rares assureurs, et faisaient suite à une dégradation de leur réputation (cf. BOREL-MATHURIN et al. [2018]).

SEJOURNE [2006] montre, par ailleurs, que les comportements des épargnants (rachats, arbitrages, versements, investissements) ne correspondent pas à ceux d'agents économiques rationnels (rationalité substantielle) et bien informés. Il ne caractérise pas, cependant, le processus et la rationalité des assurés engendrant des arbitrages financiers en assurance vie.

L'incapacité des assureurs à caractériser de façon complète le phénomène de rachats dynamiques rend son anticipation complexe. Les assureurs ne peuvent anticiper les comportements des assurés que de façons partielles rendant la gestion du risque de rachats dynamiques imparfaite.

Par ailleurs, le modèle de rachats dynamiques retenu par la place, ne suppose pas que les assurés maximisent leur utilité et se place de fait dans un modèle en présence d'opportunité d'arbitrage. En effet, le modèle présenté dans la section 2.4 suppose que les décisions des assurés dépendent d'une fonction de satisfaction. Cette dernière est l'écart entre le taux servi et le taux attendu, et n'impliquent à aucun moment les anticipations du marché, se basant uniquement sur une analyse historique.

Aussi, les assurés souscrivant au même fonds, n'ont pas forcément les mêmes attentes car ils n'ont pas les mêmes profils (objectifs, ancienneté, patrimoine, fiscalité, etc.). La fonction de satisfaction devrait être propre à chaque assuré.

Un assuré rationnel, au sens substantiel, souhaitant racheter son contrat pour le réinvestir sur un horizon d'intérêt  $T$ , devrait à minima, à l'image de l'assureur, évaluer la valeur du *payoff* à la date  $T$  en prenant en compte (1) ses anticipations des revalorisations futures (et non-passées) à servir par son assureur (2) ses anticipations de la pénalité fiscale en cas de rachat (3) ses anticipations futurs des revalorisations des produits d'épargne concurrents et de leurs fiscalités et (4) ses risques biométriques. Ce qui peut sembler complexe compte tenu de la capacité cognitive et la capacité calculatoire des assurés.

En conclusion, le marché de l'épargne en euros est un marché où des opportunités d'arbitrage sont présentes et persistantes. Comme développé ci-dessus, cela s'explique, au moins, par la nature des contrats d'épargne et leur structure optionnelle, les asymétries d'information, la rationalité limitée (ou l'irrationalité) des agents et la structure du marché de l'épargne.

En présence d'opportunités d'arbitrage, il n'existe pas de mesure de probabilité « risque-neutre », rendant les prix martingale.

Aussi, la réplique des engagements d'assurance ne peut être que partielle sur le marché et la mesure de probabilité « risque neutre », si elle existe, n'est pas forcément unique. Ce point est discuté dans la section suivante.

## 3.2 Réplication des flux

### 3.2.1 Les flux des contrats d'épargne en euros sont partiellement répliquables

La cohérence des approches financières pour calculer des prix se trouve dans l'équivalence, dans un monde respectant l'absence d'opportunité d'arbitrage, entre prix et valeur initiale d'un portefeuille de couverture. Le portefeuille de couverture, convenablement géré, possède la propriété qu'il annule le risque associé à l'incertitude sur le flux : la valeur à maturité de ce portefeuille est égale au montant du flux à honorer, quel que soit l'état du monde. Bien entendu, cette situation est idéalisée et nécessite des hypothèses non satisfaites en pratique, mais elle fournit un cadre de gestion des risques (il s'agit donc de constituer et de gérer des portefeuilles répliquants) en contrôlant à la marge le coût des imperfections.

On peut observer sur ce point que l'article fondateur de Black et Scholes (BLACK et SCHOLLES [1973], TANKOV [2011] et TOUZI et TANKOV [2012]) obtient le prix du dérivé en construisant explicitement une stratégie de réplique de son flux.

Dans un contexte d'assurance, un lien direct peut-être effectué entre des dérivés vanilles et le contrat d'assurance pour les garanties introduites dans les contrats en unité de compte (cf. BRENNAN et SCHWARTZ [1976]). Le premier exemple, pour lequel la réglementation française a prévu l'utilisation de la formule de Black-Scholes dès la fin des années 1990, est celui des garanties « plancher », garantissant le remboursement *a minima*



du montant investi en cas de décès de l'assuré. Les actuaires ont alors analysé le lien entre probabilité « risque neutre » et probabilité historique en s'intéressant à la gestion des risques de ce type de contrats (cf. MERLUS et PÉQUEUX [2000], FRANZ et al. [2003]), ainsi que la question de la gestion pratique de la couverture (NTEUKAM et al. [2011]). Les contrats à annuités variables en constituent la généralisation la plus directe (BAUER et al. [2007], COLEMAN et al. [2005]). Dans tous ces cas, un lien explicite direct est effectué entre la valorisation de l'engagement et la manière de gérer l'actif en représentation de cet engagement. Aux imperfections de couvertures strictement financières, s'ajoutent les fluctuations induites par la mutualisation imparfaite des risques d'assurance (mortalité, longévité, rachat, etc.).

Pour les contrats d'épargne en euros, en revanche, l'actif n'est ni cantonné, ni géré en fonction des options identifiées au passif. En effet, si dans le cas des garanties sur des contrats en unités de compte, l'assureur met effectivement en place des couvertures financières, il n'en est pas de même pour des contrats en euros. Dans ce dernier cas, s'il existe une politique de couvertures ponctuelles pour des situations extrêmes, notamment en termes d'environnement de taux, aucun portefeuille de réplication n'est mis en place face aux provisions *best estimate*. Cela serait, d'ailleurs, peu efficace, coûteux et conduit de fait à une déconnexion entre la logique d'évaluation (qui fournit la valeur d'une couverture) et la gestion du risque (absence de mise en œuvre effective de la couverture). La formule de calcul d'un *best estimate* présente donc bien, dans ce contexte, un caractère normatif.

Par ailleurs, la couverture des risques techniques (rachat, mortalité, versement, etc.) est réalisée partiellement en investissant sur des supports obligataires ou avec la souscription de contrat de réassurance.

Les assureurs vie disposent en effet de modèles ALM<sup>22</sup> (calculs en probabilité historique) permettant la prise en compte des contraintes de gestion du portefeuille (écart de durée entre l'actif et le passif, le *cash-flow matching*, rendement cible, marge cible, etc.) pour construire une allocation stratégique respectant l'appétit au risque de l'assureur (le risque n'étant pas nul). L'alignement de l'actif sur une nouvelle allocation stratégique, peut néanmoins, s'étaler sur plusieurs mois (voire années).

La couverture des flux de rachats dynamiques est complexe car leur caractérisation est partielle et leur anticipation par l'assureur est limitée (cf. section 3.1.2.2 et 3.1.3.2).

Aussi, la réplication de la politique de gestion des assureurs par des actifs et des dérivés est partielle, car le processus de participation aux bénéficiaires est subjectif et n'est figé ni dans l'espace, ni dans le temps. Il implique également des opérations et des provisions comptables rendant complexe la mise en pratique d'une couverture financière.

Mais, peut-on répliquer le passif, si l'assureur adopte une gestion financière en distribuant le taux de rendement financier de son actif, dans un cadre où les rachats dynamiques sont constants ?

Cette question a été discutée dans ARMEL et PLANCHET [2019] et une synthèse est présentée dans la section suivante.

---

<sup>22</sup> ALM : Asset and Liability Management.

### 3.2.2 Contrat d'épargne en € et réplication des flux : exemple des options par cliquets

Dans un cadre où les rachats dynamiques sont constants et où l'assureur distribue le rendement financier de son actif, ARMEL et PLANCHET [2019] montrent que le *best-estimate* peut s'écrire comme la somme d'options par cliquets dont le sous-jacent est l'actif de l'assureur et dont le notionnel intègre, notamment, les provisions mathématiques, les probabilités de sortie, les frais et les chargements.

Dans le cas où les risques assurantiels de mortalités et de rachats structurels sont parfaitement mutualisés avec une volatilité faible, la couverture des options et des garanties des contrats d'épargne en euros revient à une couverture des flux de l'actif sur le marché financier (cf. ARMEL et PLANCHET [2019]). Cela consiste à construire un portefeuille de réplication des options par cliquets dont le sous-jacent est l'actif de l'assureur.

En pratique, cette réplication est complexe. Les assureurs détiennent, en effet, certains actifs peu liquides (comme des *private-equities*, des obligations privées et de l'immobilier) et sur des maturités significatives (comme des obligations et des investissements en infrastructures). Ils peuvent, néanmoins, avoir recours à des mécanismes de couvertures partielles en étudiant les corrélations des actifs détenus, avec les indices de référence des marchés financiers.

### 3.3 Peut-on retenir une mesure risque neutre pour la valorisation des passifs ?

L'utilisation pratique d'une évaluation « risque neutre » est adaptée et devrait être limitée au marché des dérivés (cf. EL KAROUI et al. [2017]). Cela nécessite à la fois de couvrir les flux et de mettre à jour quotidiennement toutes les mesures de probabilité, les modèles, les prix et les positions.

On peut observer, en effet, que cette approche d'évaluation suppose l'absence d'opportunité d'arbitrage et suppose que les flux du contrat soient entièrement répliquables (puisque l'on calcule ainsi la valeur du portefeuille de couverture à l'origine). Ce qui s'avère inexact et conduit d'ailleurs logiquement à d'importantes difficultés de mise en œuvre des techniques de « portefeuilles répliquants » pour ce type d'engagements.

Comme discuté ci-dessus, des opportunités d'arbitrage persistent dans le marché de l'épargne et la réplication des flux des passifs ne peut être que partielle. Le marché est donc incomplet. L'utilisation d'une mesure de probabilité « risque neutre » pour la valorisation des passifs est donc discutable.

Enfin, sur le plan pratique, l'utilisation d'une mesure « risque neutre » se traduit par une difficulté de mise en œuvre à laquelle sont confrontés les praticiens. Le passage de la probabilité « historique » à celle « risque neutre » consiste à augmenter la probabilité de survenance des événements défavorables pour l'investisseur de manière à refléter son aversion pour le risque. Or, les règles de gestion implémentées dans les modèles de valorisation ne sont pas adaptées aux situations dans lesquelles les taux atteignent des niveaux considérés comme irréalistes. L'utilisation d'un déflateur stochastique, permettant d'utiliser des scénarios historiques, constitue une piste de résolution de cette difficulté. Ce point est développé dans la section 5.



La section suivante (section 5) présente, d’abord, les pratiques de génération de scénarios économiques « risque-neutre » de la place, et notamment les taux d’intérêt, destinés à évaluer le passif dans un cadre *Marked-to-Model*. Ensuite, sont présentées les sensibilités du *best-estimate* aux choix des modèles de taux et des données de calibrage sous la mesure « risque-neutre ». Enfin, nous présentons un calcul du *best-estimate* sous la probabilité historique et sa sensibilité aux choix des données de calibrage du modèle de taux.

## 4 Génération de scénarios économiques et courbe de taux

### 4.1 La génération de scénarios économiques

Un générateur de scénarios économiques (GSE) est un modèle mathématique reproduisant l’environnement économique. Il est utilisé pour produire des simulations du comportement joint des valeurs du marché financier et des variables économiques sur un horizon d’intérêt.

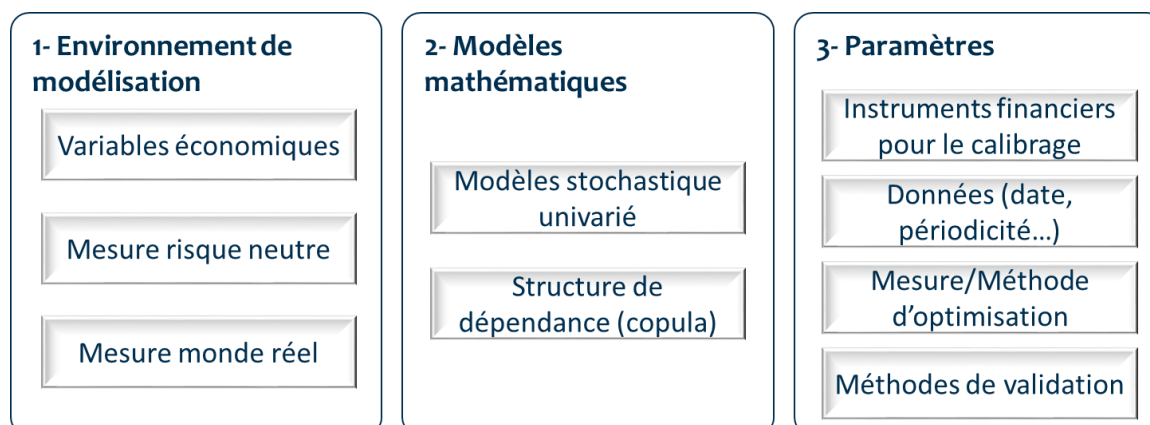
En assurance, un GSE permettant de valoriser des obligations, des actions, des investissements en immobilier et des titres monétaires couvre 98 % de l’actif des entreprises d’assurance et permet de diffuser les taux sans risque (cf. [Tableau 1](#)).

Le processus de génération de scénarios économiques destiné à l’évaluation du *best-estimate* peut être synthétisé en trois étapes (cf. ARMEL et PLANCHET [2018]) :

1. L’environnement de modélisation : il s’agit de choisir la mesure de probabilité et les variables économiques à modéliser.
2. Les modèles : il s’agit de construire les modèles mathématiques des variables d’intérêt. Cela consiste à choisir les modèles qui vont représenter la dynamique individuelle de ces variables et le choix du modèle qui représente le co-mouvement.
3. Les paramètres et le calibrage : il s’agit de choisir les produits financiers dérivés pour les calibrages, les données, les méthodes d’estimation statistique des paramètres des modèles et des méthodes de validation.

Ces étapes peuvent se schématiser comme présenté ci-après (Fig. 9).

Fig. 9 : Illustration schématique des choix de modélisation et de calibrage d’un GSE



## 4.2 Pratiques de génération de scénarios économiques

### 4.2.1 Un cadre de valorisation *Marked to Model*<sup>23</sup>

L'application d'une approche *Marked-to-Market* pour évaluer la *best-estimate*, dans les contrats d'épargne en euros, implique de disposer des prix des options et des garanties des polices d'assurance. Cette information n'étant pas observable sur un marché organisé, profond et liquide, le calcul est réalisé dans un cadre *Marked-to-Model*.

Il en résulte que le calibrage et la validation du générateur de scénarios économiques (GSE) par une confrontation des résultats issus des simulations aux données observées, dans le cadre d'une démarche statistique, ne peuvent être envisagés.

Solvabilité 2 impose néanmoins, que le GSE soit *Market Consistent*<sup>24</sup>, c'est-à-dire, cohérent avec les prix observés (voir par exemple EL KAROUÏ et al. [2017] pour une analyse critique de la *Market-Consistency*). Les spécifications techniques QIS5 [2010] précisent qu'un calibrage *Market-Consistent* doit se présenter comme suit (TP.2.97) :

- Le modèle d'actifs doit être calibré pour refléter la nature et la durée des passifs, en particulier les passifs intégrant des garanties et des options.
- Le modèle d'actifs doit être calibré en prenant en compte la courbe de taux sans risque utilisée pour actualiser les flux de trésorerie.
- Le modèle d'actifs doit être calibré à une mesure de la volatilité pertinente.

### 4.2.2 La convention de calibrage des modèles de taux sans risque

En pratique, les praticiens se contentent de calibrer et d'apprécier le GSE en référence aux instruments financiers (*calls, puts, caps, floors, swaptions, etc.*) dérivés des facteurs de risque modélisés sans justifier l'adéquation de ces instruments aux options du passif (cf. ARMEL et PLANCHET [2018] pour une présentation de ce processus de calibrage et des exigences réglementaires). Ce calibrage est dynamique et est cohérent avec les exigences actuelles de la réglementation Solvabilité 2.

Le choix du modèle de diffusion de la structure par termes des taux d'intérêt est un élément central de la construction d'un GSE « risque neutre ». Face aux contraintes réglementaires et en l'absence de prix observables des passifs des contrats d'épargne en euros, une convention de calibrage des taux sans risque s'est établie<sup>25</sup>. Cette convention peut se synthétiser en quatre étapes :

1. **Les modèles et les instruments financiers dérivés** : choix du modèle de taux et choix des produits dérivés pour son calibrage : *caps, floors, swaptions...*

<sup>23</sup> Le lecteur peut se référer à ARMEL ET PLANCHET [2018] pour une présentation détaillée du cadre et du processus quantitatif d'évaluation du *best-estimate* des contrats d'épargne en euros.

<sup>24</sup> Cf. par exemple Wütrich [2016].

<sup>25</sup> Cf. le Q&A du QIS 5, publié par l'EIOPA, question 76 du document <https://eiopa.europa.eu/Publications/QIS/CEIOPS-Q-and-A-document-20101104.pdf>

2. **Les prix d'exercice et les volatilités implicites** : choix d'un prix d'exercice et extraction des volatilités de marché<sup>26</sup>. Celles-ci correspondent aux volatilités implicites des produits dérivés choisis à l'étape 1. Elles sont cohérentes avec la courbe de taux sans risque du marché.
3. **La valorisation des produits dérivés** en utilisant la courbe publiée par l'EIOPA (*European Insurance and Occupational Pensions Authority*) : utilisation du modèle de Black (si les volatilités sont implicites à un modèle log-normal) ou du modèle de Bachelier (si les volatilités sont implicites à un modèle normal) pour l'évaluation d'un prix des instruments dérivés en utilisant la courbe de taux sans risque publiée par l'EIOPA. Ce sont ces prix qui vont jouer le rôle de « prix de marché » pour calibrer le modèle de taux retenu.
4. **Le calibrage du modèle de taux retenu** en minimisant une distance entre : (1) les prix réestimés à partir de la courbe de taux EIOPA et les volatilités de marché, et (2) les prix théoriques du modèle de taux.

#### 4.2.3 Limites de la convention de calibrage des modèles de taux

Le *best-estimate* est un prix non observé. Le GSE est calibré non pas sur les options et garanties du contrat d'assurance mais sur des produits financiers. La génération de scénarios économiques pour la valorisation du *best-estimate* implique 5 variables :

1. **Le prix du produit dérivé** : le GSE est calibré sur des produits financiers (*calls, puts, caps, floors, swaption...*). Se pose alors la question de la cohérence de la structure optionnelle du *best-estimate* et du produit financier choisi pour le calibrage du GSE. Cette question est discutée dans ARMEL et PLANCHET [2019] qui montrent, dans certaines conditions, que le *best-estimate* a une structure optionnelle par cliquets.
2. **Le prix d'exercice (*strike*)** : les prix des produits dérivés dépendent des prix d'exercice. Afin de proposer un calibrage des GSE cohérent avec la structure optionnelle du *best-estimate*, ces GSE devraient être calibrés sur des prix d'exercices cohérents avec les seuils d'exercice des options et des garanties du contrat d'épargne en euros. Il serait pertinent donc d'étudier la « *moneyness* » du passif (cf. ARMEL et PLANCHET [2019]).
3. **La courbe des taux sans risque** est communiquée par l'EIOPA. Il s'agit d'une courbe de taux non observable sur le marché financier et ne faisant l'objet d'aucun échange marchand. Une difficulté spécifique pour la structure par terme des taux d'intérêt est également de l'extrapoler à des maturités pour lesquelles il n'existe pas forcément d'instruments assez liquides pour disposer de prix de référence. L'EIOPA a fait le choix d'un raisonnement macroéconomique pour justifier le taux de long terme (l'UFR de la réglementation prudentielle européenne), qui est beaucoup discuté. Les modèles utilisés par les banques centrales, souvent basés sur des

---

<sup>26</sup> Les surfaces de volatilité ne résultent pas forcément d'une mesure de prix directe, mais d'une reconstruction par le fournisseur de prix (par exemple via un modèle SABR pour Bloomberg).

modèles paramétriques de type Nelson-Siegel, peuvent de ce point de vue constituer des pistes intéressantes (cf. CHRISTENSEN [2007]).

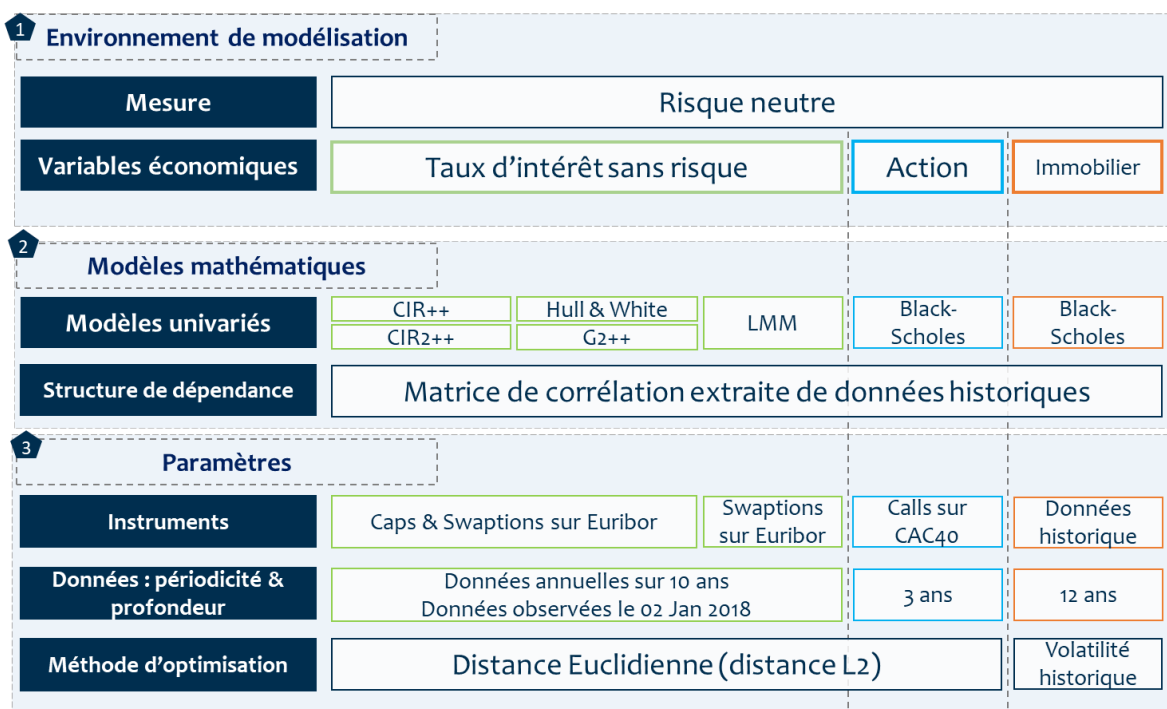
4. **Le facteur de décalage** est un facteur introduit pour permettre aux modèles log-normaux de prendre en compte des taux négatifs. Cela permet de (1) de reproduire les valeurs de marché par le modèle de Black et calibrer les modèles de taux, et de (2) diffuser des modèles log-normaux comme le modèle LMM. Le facteur de décalage dépend de la courbe de taux sans risque utilisée dans le modèle, en particulier, de la valeur minimale de cette courbe, mais son choix reste néanmoins arbitraire.
5. **Les volatilités implicites** dépendent du prix des instruments financiers, du prix d'exercice, du taux d'intérêt sans risque et du facteur de décalage (quand le modèle est log-normal). Lors du calibrage des modèles de taux destinés à l'évaluation du *best-estimate*, ce sont ces volatilités implicites qui sont utilisées dans le modèle de Black ou de Bachelier pour reproduire les prix du marché avec la courbe de taux communiqué par l'EIOPA. Il est noté que :
  - a. Le paramétrage du modèle de Black par la courbe de taux sans risque EIOPA implique l'introduction d'un facteur de décalage. Afin de garder une certaine cohérence du modèle, ce facteur devrait être identique à celui utilisé pour extraire les volatilités implicites des cours de marché.
  - b. La cohérence entre la courbe de taux sans risque EIOPA et la volatilité implicite aux prix de marché n'est pas systématique. Les volatilités dépendent, en effet, de la courbe de taux sans risque utilisée pour les évaluer.
  - c. Les volatilités implicites dépendent du prix d'exercice des instruments financiers utilisés dans le processus de calibrage. La cohérence entre les volatilités implicites et les options et garanties du passif n'est pas systématique.

#### 4.3 Analyse des sensibilités du *best-estimate* aux modèles de taux « risque neutre »

Le choix du modèle de diffusion de la structure par termes des taux d'intérêt est un élément central de la construction d'un GSE « risque neutre ». Une comparaison entre les modèles de Hull et White,  $G_{2++}$  et LMM+ a été effectuée dans ARMEL et PLANCHET [2018] et ARMEL et PLANCHET [2019] et complétée avec l'analyse des modèles CIR++ et CIR<sub>2++</sub> dans ARMEL et PLANCHET [2020a].

Une synthèse des choix retenus pour la construction des générateurs de scénarios économiques est présentée ci-après (Fig. 10).

Fig. 10 : Choix de modélisation



Le *Tableau 3* montre les résultats des sensibilités du *best-estimate* aux choix (1) du modèle de taux, (2) des données de calibrage (*cap* et *swaptions*), et (3) du facteur de décalage du modèle de Black utilisé dans le processus de calibrage. Cependant, le modèle LMM, calibré sur les données observées au 2 janvier 2018, n'a pu être retenu du fait de sa divergence. La version retenue dans les tests de sensibilité est un modèle ajusté et convergent, qui n'est donc plus « *market consistent* ».

**Tableau 3 : Comparaison des *best-estimates***

<i>Best-estimate en M€</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Ecart (Max-Min)/Moyenne</i>
Modèles de type CIR market-consistant : CIR++ et CIR2++	0,77%	90,54	92,37	2,00%
Modèles normaux market-consistant (HW & G2 ++)	1,20%	87,48	91,36	4,30%
Modèles market-consistant : CIR++, CIR2++, HW & G2++	1,13%	87,48	92,37	5,38%
Tous les modèles yc LMM ajusté	1,06%	87,48	92,37	5,38%

On peut retenir en synthèse de ces travaux que les modèles G2++ et CIR2+ constituent des solutions performantes pour les calculs de valeurs *best estimate*, avec un degré de complexité bien supérieur pour le CIR2++ sans gain majeur en termes de capacité à représenter les prix de marché. Le LMM+ décalé, utilisé par certains assureurs, est inadapté du fait des problèmes de convergence et du caractère arbitraire du décalage qu'il est nécessaire d'introduire pour prendre en compte les taux négatifs.

D'une manière générale, on peut observer que, parmi les modèles ci-dessus, ceux initialement conçus pour éviter les taux négatifs ont été adaptés à ce nouveau contexte économique en introduisant un décalage qui, par un simple glissement de l'origine sur l'axe des abscisses, permet de laisser le modèle inchangé. Cet ajustement a été effectué initialement dans l'urgence, pour permettre d'utiliser des outils informatiques en place,



dont la modification peut prendre du temps (BEINKER et STAPPER [2012] illustrent sur ce point la position des conseils en finance au début de la période de taux négatifs). Mais l'absence de justification théorique du décalage et son caractère arbitraire devrait conduire à exclure ces modèles dans une perspective plus pérenne.

Par ailleurs, l'impact du choix des modèles de taux sur la valeur du *best-estimate* peut apparaître, d'abord, assez contenu : en ne retenant que les modèles de taux *market consistent*, la différence entre les valeurs minimale et maximale représente 5,4 % de la valeur moyenne des *best-estimates* et 7,0 % des provisions mathématiques.

Cet impact est substantiel s'il est comparé aux fonds propres et aucun critère indiscutable ne permet, à ce stade, de préférer l'un ou l'autre des modèles ci-dessus, une fois le modèle LMM exclu du fait de son absence de convergence. ARMEL et PLANCHET [2019] montrent, par ailleurs, que la capacité d'un modèle de taux à reproduire les prix de *floorlets* et, par extension, les prix de *caps* peut être considérée comme un critère de choix des modèles de taux destinés à valoriser les passifs des contrats d'épargne en euros.

S'il semble délicat de remettre en cause à court terme la logique de calcul qui s'est imposée, ces dernières années, dans le cadre du nouveau dispositif prudentiel, il peut cependant être utile de réfléchir à des approches alternatives, potentiellement utilisables dans le cadre de l'ORSA (*Own Risk and Solvency Assessment*). En effet, l'approche usuelle de calcul d'un *best estimate* est peu adaptée à l'ORSA compte tenu de sa lourdeur de mise en œuvre et des besoins en capacité de calcul qu'elle requiert. Au surplus, cela peut apparaître paradoxal que l'application du dispositif Solvabilité 2 conduise à des montants de provision sans ancrage dans une politique de gestion des risques et, en ce sens, largement arbitraires (en tous cas au moins aussi arbitraires que les provisions mathématiques actuelles).

Dès lors, on peut chercher à analyser de manière plus fine l'articulation des composantes répliquables et non répliquables du rendement servi par le contrat. Une approche de ce type est, par exemple, proposée dans BONNIN et al. [2014]. Le développement de GSE, dans ce contexte, est discuté dans GOURIÉROUX et MONTFORT [2015].

On peut également envisager l'utilisation des déflateurs comme solution technique, imparfaite, mais permettant de donner du sens à la notion de « valeur économique » (voir par exemple ARMEL et PLANCHET [2020b], CHENG et PLANCHET [2019] et CISSÉ [2019]). Si cette approche ne change rien d'un point de vue théorique (si les hypothèses d'AOA et de complétude sont vérifiées, cf. section 3), elle présente toutefois plusieurs intérêts pratiques importants :

- les scénarios économiques utilisés pour les simulations sont injectés dans un modèle ALM implémentant les règles comptables et les décisions discrétionnaires de l'assureur (attribution de participation aux bénéficiaires) et de l'assuré (rachat) : l'utilisation d'un déflateur permet d'injecter dans ce modèle ALM des scénarios générés sous la probabilité historique, ce qui rend possible la justification des fonctions de réaction (calcul du taux cible et détermination des rachats conjoncturels notamment) ; cette justification est, en effet, impossible avec des scénarios « risque neutre », où l'on est conduit à donner un poids important à des scénarios très peu probables historiquement (cf. section 4.5).

- Elle permet une séparation complète de la valorisation (calcul de prix), intégrée dans le noyau d'actualisation et de la construction des flux, dans le modèle ALM. Le calibrage du noyau d'actualisation à partir de dérivés vanille est ainsi plus légitime que dans le cas de l'utilisation d'une mesure « risque neutre ».

La sous-section suivante présente une étude de sensibilité du *best-estimate* au changement de la mesure de probabilité.

#### 4.4 Évaluation en probabilité historique et sensibilité aux données de calibrage<sup>27</sup>

ARMEL et PLANCHET [2020b] complètent les tests de sensibilité réalisés dans ARMEL et PLANCHET ([2018], [2019] et [2020a]) en évaluant l'impact du choix d'un générateur de scénarios économiques sous la mesure de probabilité historique, dont le modèle de taux est le modèle CIR++, sur le *best-estimate* des contrats d'épargne en euros. Des sensibilités aux choix des données et du facteur de décalage du modèle de Black, utilisé dans le processus de calibrage, ont été réalisées également.

Afin d'évaluer ces impacts, nous avons repris les mêmes modèles et paramètres d'évaluation des passifs présentés dans ARMEL et PLANCHET [2019].

Nous avons retenu, par ailleurs, une approche de calibrage (1) implicite pour les paramètres des modèles, et (2) historique pour la prime de risque. Cette démarche conduit à séparer de manière nette la détermination du coût des options, incluses dans le déflateur et la production des flux du contrat. Elle respecte également les exigences du régulateur.

En effet, bien que le modèle théorique suppose que les paramètres historiques et les paramètres implicites soient égaux, ils sont différents en pratique. Les paramètres calibrés sur des données historiques dépendent des choix de ces données (indice, taille, fréquence, etc.). Les paramètres implicites dépendent du prix des instruments financiers, du prix d'exercice, du taux d'intérêt sans risque et éventuellement des facteurs de décalage utilisés pour permettre aux modèles de prendre en compte des taux négatifs. Aussi, comme évoqué plus haut, les surfaces de volatilité implicites ne résultent pas forcément d'une mesure de prix directe, mais d'une reconstruction par le fournisseur de prix (par exemple via un modèle SABR pour Bloomberg). Ce point est discuté dans REBONATO [2004].

Par ailleurs, dans le référentiel Solvabilité 2, les scénarios économiques utilisés pour l'évaluation du *best-estimate* doivent être cohérents avec les prix du marché (*Market-Consistent*) et les spécifications techniques QIS [2010] font référence à un calibrage des modèles en prenant en compte les volatilités implicites<sup>28</sup>.

Sous la probabilité historique, nous constatons que les *best-estimates* sont peu sensibles aux facteurs de décalage du modèle de valorisation de Black et aux choix des produits

<sup>27</sup> Nous remercions CHRISTIAN GIBOT d'avoir contribué à l'initiation de nos réflexions sur la pertinence d'une approche par les déflateurs pour la valorisation des contrats d'épargne en euros.

<sup>28</sup> Cf. le Q&A du QIS 5, publié par l'EIOPA, question 76 du document : <https://eiopa.europa.eu/Publications/QIS/CEIOPS-Q-and-A-document-20101104.pdf>



dérivés pour le calibrage. Le *Tableau 4* montre, en effet, que l'écart entre les valeurs minimales et maximales représente 2 % de la valeur moyenne des *best-estimates*.

**Tableau 4 : Comparaison des best-estimates RN-PH**

<i>Best-estimate en M€</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Ecart (Max-Min)/Moyenne</i>
Modèle CIR++ en probabilité historique	0,68%	85,03	86,74	1,99%
Modèle CIR++ et modèle CIR2++ en probabilité risque neutre	0,77%	90,54	92,37	2,00%
Tous les modèles market-consistant (RN et PH) : CIR++, CIR2++, HW & G2++	2,42%	85,03	92,37	8,08%
Tous les modèles yc LMM ajusté	2,32%	85,03	92,37	8,08%

Si l'on reprend les résultats de sensibilités présentés dans ARMEL et PLANCHET [2019] et ARMEL et PLANCHET [2020a], il ressort du *Tableau 4* que l'impact sur la valeur du *best-estimate* peut apparaître assez contenu : en ne retenant que les modèles de taux *market-consistent*, la différence entre les valeurs minimale et maximale représente 8,1 % de la valeur moyenne des *best-estimates* et 10,5 % des provisions mathématiques. Cet impact est, cependant, substantiel s'il est comparé aux fonds propres. En effet, ces derniers représentent en moyenne 6,1 % des encours des contrats d'épargne en euros, en France, à fin 2018 (cf. *Tableau 2*).

#### 4.5 Analyse des écarts entre les *best-estimates* en probabilités historique et « *risque-neutre* »

Nous présentons dans les *Tableau 5* et *Tableau 6* les *best-estimates* évalués par des GSE sous la probabilité historique et des GSE « *risque-neutre* » dont les modèles de taux sont des CIR++ (cf. ARMEL et PLANCHET [2020a] pour une étude détaillée de ce modèle).

Nous observons que les écarts entre les *best-estimates* varient entre 4 % et 7 % et sont expliqués essentiellement par les variations du *best-estimate* net de frais<sup>29</sup>. Les *best-estimates* des frais (flux futurs actualisés des frais) sont, en effet, stables.

**Tableau 5 : Best-estimates évalué sous la probabilité risque-neutre - GSE avec modèle de taux CIR++**

<i>GSE - CIR++ sous Q (M€)</i>	<i>Calibrage sur des Caps ATM</i>			<i>Calibrage sur des Swaptions ATM</i>		
<i>Facteur de décalage Black au calibrage CIR++</i>	0,4%	1,0%	2,0%	0,4%	1,0%	2,0%
<b>BE</b>	91	91	91	91	92	92
<i>BE net de frais</i>	83	83	83	84	84	85
<i>BEG net de frais</i>	72	72	72	73	73	73
FDB	11	11	11	11	11	12
Frais	8	8	8	8	8	8

**Tableau 6 : Best-estimates évalué sous la probabilité historique - GSE avec modèle de taux CIR++**

<i>GSE - CIR++ sous P (M€)</i>	<i>Calibrage sur des Caps ATM</i>			<i>Calibrage sur des Swaptions ATM</i>		
<i>Facteur de décalage Black au calibrage CIR++</i>	0,4%	1,0%	2,0%	0,4%	1,0%	2,0%
<b>BE</b>	87	86	85	86	86	86
<i>BE net de frais</i>	79	78	77	78	78	78
<i>BEG net de frais</i>	71	70	69	70	69	70
FDB	8	8	8	9	8	9
Frais	8	8	8	8	8	8

<sup>29</sup> La section 4.5.1 définit le BEG et le FDB.

Toute chose égale par ailleurs (taux de mortalité, rachats structurels, taux de frais, taux de chargements, etc.), l'utilisation de l'approche par les déflateurs peut avoir un impact sur la probabilité de sortie et sur le taux de revalorisation (cf. sections 2.2). En outre, les scénarios injectés dans le modèle ALM ne présentent pas les caractéristiques atypiques de certains scénarios « risque-neutre », qui viennent perturber les fonctions de réaction du modèle. Les écarts observés s'expliquent donc par les impacts sur les comportements des agents, modélisés dans le modèle de valorisation des passifs que sont :

- Les comportements des assurés se matérialisent par des rachats dynamiques supposés suivre, ici, une fonction affine par morceau de l'écart, entre un taux attendu et un taux de revalorisation servi ;
- Les comportements de l'assureur comprennent notamment sa politique d'investissement et sa politique de revalorisation, qui intègrent, entre autres, la fonction de réaction de l'assureur aux comportements des assurés et donc, pour notre cas, au risque de rachats dynamiques.

L'introduction d'une prime de risque dans l'approche par les déflateurs augmente la probabilité des scénarios favorables où l'assureur dispose de suffisamment de rendements comptables pour distribuer, a minima, les taux attendus pas les assurés.

On s'attendra donc, dans l'approche par les déflateurs, à avoir des réactions moins importantes de la part des assurés. Les taux de rachats dynamiques seront donc moins importants et moins extrêmes, que dans le cas où l'on utilise des scénarios « risque-neutre ». L'exemple simplifié suivant illustre ce point.

#### 4.5.1 Rachats dynamiques en probabilités historique et risque-neutre : illustration

Nous examinons, ici, sur un horizon d'un an, les distributions des taux de rachats dynamiques sous la probabilité historique et sous la probabilité « risque-neutre ».

Pour ce faire, supposons que la politique de revalorisation de l'assureur consiste à distribuer le rendement financier positif de son actif. Supposons également que le prix de l'actif suit un modèle de Black-Scholes et que le taux d'intérêt sur un an est constant.

Nous reprenons, par ailleurs, les mêmes caractéristiques de la fonction de rachats dynamiques utilisée dans le modèle d'évaluation du *best-estimate* retenu ici (cf. section 2.3 et ACPR [2013]).

**Tableau 7 : paramètres de la fonction de réaction des assurés**

<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Gamma</i>	<i>Delta</i>	<i>RCMIN</i>	<i>RCMAX</i>
-5,0%	-1,0%	1,0%	3,0%	-5,0%	20,0%

Enfin, nous retenons les paramètres de modélisation présentés dans le [Tableau 8](#).

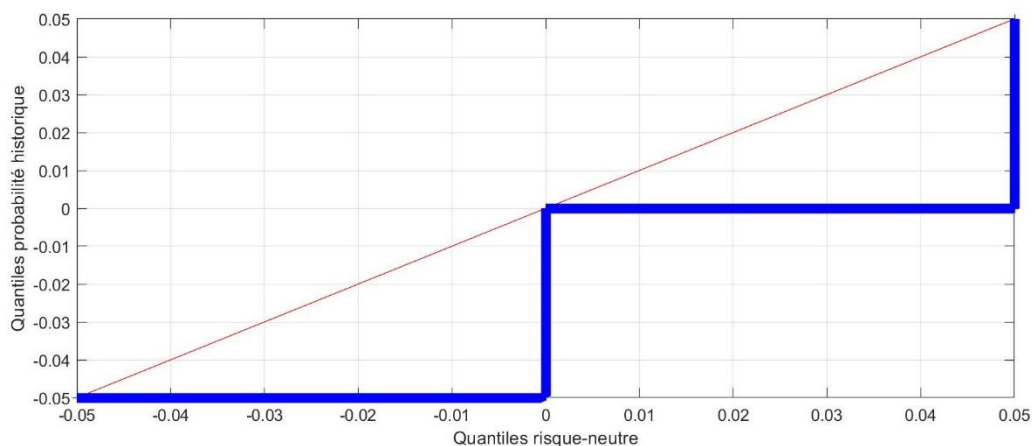
**Tableau 8 : Paramètres de simulation ALM simplifié**

<i>Taux d'intérêt sans risque sur un an</i>	<i>Volatilité de l'actif de l'assureur</i>	<i>Drift de l'actif sous la probabilité historique</i>	<i>Taux attendu par les assurés</i>
1,0%	10,0%	3,0%	2,0%

Le graphique ci-après (Fig. 11) présente le diagramme quantile à quantile (QQplot) des taux de rachats dynamiques évalués sous la probabilité historique et sous la probabilité « risque-neutre ». On observe que les taux de rachats dynamiques évalués sous la probabilité « risque neutre » sont supérieurs à ceux évalués sous la probabilité historique. Tous les points sont, en effet, en dessous de la première bissectrice du plan.

Les écarts observés entre les taux de rachats dynamiques sont substantiels et montrent que la réaction des assurés est plus marquée quand l'évaluation est réalisée sous une probabilité risque neutre.

**Fig. 11 : Diagramme Quantile à Quantile du rachat dynamique évalué sous la probabilité historique et sous la probabilité risque-neutre**



#### 4.5.2 Analyse des écarts

Afin d'analyser les écarts observés dans le Tableau 5 et le Tableau 6, nous nous focaliserons sur le *best-estimate* net de frais et nous procédons en deux étapes :

- Isolation et analyse des comportements des assurés.
- Identification de l'impact du comportement de l'assureur.

En reprenant les notations de la section 2, le flux sortant à la date  $t$  s'écrit comme une probabilité de sortie, multipliée par l'investissement initial qui est augmenté de la revalorisation cumulée :

$$F_t = \alpha_t \cdot PM_0 \cdot \exp\left(\sum_{i=0}^{t-1} c_{i+1}\right)$$

On peut décomposer ce flux en deux flux :  $F_t = F_t^{gar} + F_t^{discr}$  avec :

- $F_t^{gar}$  intègre la rémunération minimale garantie contractuellement. Si  $(tmg_i)_{i \in [1, T]}$  désignent les rendements garantis (y compris la PPB initiale arrivée à échéance), alors :

$$F_t^{gar} = \alpha_t \cdot PM_0 \cdot \exp\left(\sum_{i=0}^{t-1} tmg_{i+1}\right)$$

- $F_t^{discr}$  représente le flux de la revalorisation supplémentaire correspondant au surplus que l'assureur distribue à sa discrétion au titre de la participation aux bénéfices :

$$F_t^{discr} = F_t - F_t^{gar} = \alpha_t \cdot PM_0 \cdot \left( \exp \left( \sum_{i=0}^{t-1} c_{i+1} \right) - \exp \left( \sum_{i=0}^{t-1} tm g_{i+1} \right) \right)$$

Le *best-estimate* garanti (BEG) est l'espérance des flux  $F_t^{gar}$  actualisés et l'espérance des flux  $F_t^{discr}$  actualisés s'appelle la *Future Discretionary Benefits* (FDB).

La baisse du *best-estimate* net de frais, quand une approche par les déflateurs est retenue, s'explique par la baisse du BEG et de la FDB (cf. [Tableau 5](#) et [Tableau 6](#)).

On peut noter que la probabilité de sortie  $\alpha_t$  est le seul facteur stochastique dépendant de l'économie du flux garanti  $F_t^{gar}$  car il intègre les rachats dynamiques. Retenir une approche par les déflateurs n'a d'impact sur  $F_t^{gar}$  qu'à travers le facteur  $\alpha_t$ .

La baisse du BEG, évalué en probabilité historique, s'explique par l'étalement des rachats sur l'horizon de projection à la suite de la baisse des rachats dynamiques. Quand on retient une approche par les déflateurs, on constate en effet que l'espérance des flux  $F_t^{gar}$  est plus faible sur la quasi-totalité de l'horizon de projection et que leur durée est plus importante comme le montre le [Tableau 9](#).

**Tableau 9 : Durations des flux et étalement des rachats**

Duration flux garantis en année	Calibrage sur des Caps ATM			Calibrage sur des Swaptions ATM		
	0,4%	1,0%	2,0%	0,4%	1,0%	2,0%
Facteur de décalage Black au calibrage CIR++	0,4%	1,0%	2,0%	0,4%	1,0%	2,0%
Evaluation sous Q	8,2	8,2	8,1	8,2	8,2	8,4
Evaluation sous P	9,0	9,1	9,3	9,2	9,2	9,0
Ecart	0,8	1,0	1,1	1,0	0,9	0,5

On en déduit que les comportements de rachats dynamiques sont plus marqués quand la valorisation des engagements est réalisée sous la probabilité « risque-neutre ». Ce constat est cohérent avec l'exemple simplifié de la section 4.5.1.

Par ailleurs, l'analyse de la variation des flux FDB implique l'étude des variations des probabilités de sorties et des taux de revalorisation, notamment la partie discrétionnaire.

S'il est clair que la baisse des probabilités de sortie  $\alpha_t$  implique naturellement la baisse des flux FDB, il est délicat de disposer d'une analyse plus fine des mouvements des taux de revalorisation discrétionnaires compte tenu du nombre important de paramètres entrant dans leur évaluation.

En plus, sous la mesure de probabilité historique, à chaque pas de projection, les produits financiers résultant de la gestion comptable de l'actif par l'assureur sont différents de ceux enregistrés sous la probabilité « risque neutre ». Les opérations d'achats-ventes de l'assureur sont de fait différentes, l'actif résultant est différent et les provisions comptables liées à l'actif sont différentes (comme la réserve de capitalisation, la provision pour aléas financiers et la provision pour dépréciation durable).

Aussi, la baisse du nombre de scénarios, où la réaction des assurés est plus marquée sous la probabilité historique, fait que l'algorithme de revalorisation est moins contraint à distribuer un surplus de la richesse disponible pour tenter de baisser les rachats

dynamiques. Enfin, la baisse des rachats permet à l'assureur d'améliorer sa marge (quand la *moneyness* lui est favorable), ayant moins de rachat, l'assiette des chargements sur encours est plus importante, ce qui se traduit par le transfert d'une partie de la richesse vers ses fonds propres.

En conclusion, lorsque les scénarios économiques sont générés en probabilité « risque-neutre », celle-ci reflétant l'aversion au risque des investisseurs, une proportion significative de trajectoires peut présenter des niveaux atypiques pour les facteurs de risque. Typiquement, depuis l'apparition de taux négatifs, les investisseurs étant adverses à une remontée (ou baisse) brutale des taux, on voit apparaître des trajectoires avec des niveaux de taux très élevés (en valeur absolue). Il est, dès lors, difficile de justifier le comportement des fonctions de réaction traduisant les actions des dirigeants et des assurés, sur des plages jamais observées (par exemple une proportion significative de taux 10 ans supérieurs à 50 %). Des ajustements pragmatiques sont utilisés par les praticiens, parfois très rustiques et incorrects d'un point de vue théorique, comme l'introduction de seuils sur le niveau des taux spots ou plus subtils, comme le *freeze*, qui consiste à figer la courbe dès lors que le taux *forward* à un an dépasse un certain seuil (et ce sans détériorer les tests de martingalité). L'utilisation d'un déflateur permet de résoudre cette difficulté, le modèle ALM étant alimenté par des scénarios historiques, rendant ainsi plus simple la justification des fonctions de réaction.

Au surplus, dans un cadre de valorisation largement normatif, elle conduit à séparer de manière nette la détermination du coût des options, incluses dans le déflateur et la production des flux du contrat. L'utilisation de scénarios produits en probabilité historique rend également possible la production d'indicateurs requis par le superviseur, comme des chroniques de flux moyens.

Ces deux points confèrent à l'approche par les déflateurs un avantage majeur sur le schéma standard d'injection de scénarios « risque-neutre » dans le modèle ALM. Les travaux de ARMEL et PLANCHET [2020b] et CHENG et PLANCHET [2019] montrent que les problèmes numériques, qui ont longtemps constitué un obstacle à l'utilisation pratique de déflateurs peuvent être levés et donc que l'approche par les déflateurs est opérationnelle pour les assureurs et ne se limite pas à un exercice de style académique.

## 5 Conclusion

Les travaux de mise en place des modèles de calcul de provisions *best estimate* pour des contrats d'épargne et, plus largement, des contrats avec une clause de participation aux bénéfices (financiers) ont abouti à une forme de consensus de place articulant un générateur de scénarios économiques « risque-neutre » avec un modèle de projection de flux.

Cette structure de modèle présente l'avantage de permettre une prise en compte aisée de règles de gestion potentiellement complexes décrivant le pilotage du taux servi en fonction d'une part des conditions de marché et d'autre part de la situation propre de l'assureur (notamment en termes de volume de plus ou moins-values latentes).

Elle repose toutefois sur l'approximation discutable que les flux associés à ces contrats sont répliquables dans un marché sans opportunités d'arbitrage, ce qui implique des difficultés de mise en œuvre des modèles et induit une inadéquation forte entre le principe d'évaluation et la gestion des risques associée au contrat.

Il est donc utile de proposer des modèles mieux adaptés, qui permettent d'explicitier la composante non répliquable de ces contrats et de fournir ainsi un cadre plus approprié pour l'évaluation pertinente des engagements associés.

Par ailleurs, en présence d'opportunités d'arbitrage dans un marché incomplet, l'existence et l'unicité d'une mesure de probabilité « risque-neutre » ne sont plus assurées. L'utilisation de cette probabilité pour valoriser les passifs d'épargne en euro paraît donc inadaptée et l'évaluation devrait donc être réalisée sous la probabilité historique.

L'approche par les déflateurs paraît pertinente dans ce cadre. Elle permet d'avoir une meilleure rationalisation des valorisations économiques (notamment les comportements des agents) et supprime les interactions directes entre la construction des flux et le calcul des prix. Cette séparation entre les modèles de valorisation des options et la construction des flux du contrat permet de fournir, pour les contrats d'épargne, un cadre analogue à celui que l'on rencontre pour les contrats à annuités variables (pour la valorisation des options) et la meilleure qualité de construction des flux rend les valeurs de *best estimate* ainsi produites plus fiables.

En conclusion, les pistes de travail proposées pour construire un cadre de valorisation adapté aux contrats d'épargne en euros sont les suivantes :

- Utiliser des déflateurs pour faciliter la justification des fonctions de réaction dans les modèles ALM.
- Privilégier des modèles tenant compte de manière native de la réalité observée (taux négatifs) avec des choix guidés par une idée de parcimonie et de robustesse dans un cadre nécessairement normatif du fait de l'absence de prix directement observés.
- Assurer une forme de cohérence entre l'horizon de projection utilisé et les choix en termes de calibrage : peut-être est-il plus cohérent de ne pas calibrer sur les derniers prix observés un modèle utilisé pour valoriser des flux s'écoulant sur plus de 30 ans, mais qu'il serait plus judicieux de le calibrer sur un ensemble de structures de prix à différentes dates passées (cf. LAÏDI et PLANCHET [2015] et EL KAROUI et al. [2017])
- Réintégrer dans le processus de valorisation l'idée que, si le risque financier exogène est répliquable, le risque financier idiosyncratique ne l'est pas, du fait de la capacité de l'assureur à influencer sur les flux qu'il sert (BONNIN et al. [2014]).



## 6 Références

- ACPR [2018] « [Revalorisation 2017 des contrats d'assurance-vie et de capitalisation – engagements à dominante épargne et retraite individuelle](#) », Analyses et Synthèses n°94.
- ACPR [2017] « [Assurance vie en France et environnement de taux bas](#) », Document de travail.
- ACPR [2013] « [Orientations Nationales Complémentaires aux Spécifications Techniques pour l'exercice 2013 de préparation à Solvabilité II](#) », Document de travail.
- ALBRECHER H. [2016] « [Asymmetric Information and Insurance](#) », Cahiers Louis Bachelier n°20 (pp. 12-15).
- ARMEL K., PLANCHET F. [2020a] « [Utilisation de modèles de taux de type CIR pour évaluer la valeur économique des contrats d'épargne en €](#) », LSAF, Document de travail.
- ARMEL ET PLANCHET [2020b] « [Assessing the economic value of life insurance contracts with stochastic deflators](#) », LSAF, Document de travail.
- ARMEL K., PLANCHET F. [2019] « [How to Define the Quality of an Economic Scenario Generator to Assess the Best Estimate of a French Savings Contract in € ?](#) », *Bankers Markets Investors*, n°157, June 2019.
- ARMEL K., PLANCHET F. [2019b] « [Valeur économique d'un contrat d'assurance-vie : quels scénarios économiques ?](#) », *Risques*, n°117.
- ARMEL K., PLANCHET F. [2018] « [Comment construire un générateur de scénarios économiques risque neutre destiné à l'évaluation économique des contrats d'épargne ?](#) », *Assurances et gestion des risques*, Vol. 85 (1-2).
- ARMEL K., PLANCHET F., KAMEGA A. [2011] « [Quelle structure de dépendance pour un générateur de scénarios économiques en assurance ?](#) », *Bulletin Français d'Actuariat*, vol. 11, n°22.
- BATIFOULIER P. (dir) [2001] « [Théorie des conventions](#) », ECONOMICA, ouvrage collectif.
- BAUER D., KLING A.; RUSS J. [2007] « [A Universal Pricing Framework for Guaranteed Minimum Benefits in Variable Annuities](#) », *Proceedings of the AFIR Colloquium*.
- BEINKER M., STAPPER G. [2012] « [New volatility conventions in negative interest environment](#) », White Paper, d-fine ltd.
- BLACK F., SCHOLES M. [1973] « [The Pricing of Options and Corporate Liabilities](#) », *Journal of Political Economy*, 81 (3), pp. 637-654.
- BLANCHARD O.J., ET WATSON M.W. [1984] « [Bulles, anticipations rationnelles et marchés financiers](#) », *Annales de l'INSEE*, n° 54, avril-juin, pp. 79-99.
- BONNIN F., COMBES F., PLANCHET F., TAMMAR M. [2015] « [Un modèle de projection pour des contrats de retraite dans le cadre de l'ORSA](#) », *Bulletin Français d'Actuariat*, vol. 14, n°28.
- BONNIN F., JUILLARD M., PLANCHET F. [2014] « [Best Estimate Calculations of Savings Contracts by Closed Formulas - Application to the ORSA](#) », *European Actuarial Journal*, Vol. 4, Issue 1, Page 181-196. <http://dx.doi.org/10.1007/s13385-014-0086-z>.

- BOREL-MATHURIN F., DARPEIX P.E., GUIBERT Q., LOISEL S. [2018] « [Main determinants of profit sharing policy in the French life insurance industry](#) », The Geneva Papers on Risk and Insurance - Issues and Practice.
- BRENNAN M.J., SCHWARTZ E.S. [1976] « [The Pricing of Equity-Linked Life Insurance Policies with an Asset Value Guarantee](#) », *Journal of Financial Economics*, 3, pp. 195-213.
- BRIYS E., de VARENNE F. [1994] « [Life insurance in a contingent claim framework: pricing and regulatory implications](#) », *The Geneva Papers on Risk and Insurance Theory* 19, 53-72.
- CHENG P.K., PLANCHET F. [2019] « [Stochastic Deflator for an Economic Scenario Generator with Five Factors](#) », *Bankers Markets Investors*, n°157, June 2019.
- CHRISTENSEN J.H.E.; DIEBOLD F.X.; RUDEBUSCH G.D. [2007] « [The Affine Arbitrage-Free Class of Nelson-Siegel Term Structure Models](#) », Federal Reserve Bank of San Francisco.
- CISSÉ A. [2019] « [Le secteur européen de l'assurance, confronté aux taux d'intérêts négatifs et à Solvency 2, doit interpeller le marché africain](#) », *Financial Afrik*.
- COLEMAN T. F.; KIM Y.; LI Y.; Patron M. [2005] « [Robustly Hedging Variable Annuities with Guarantees Under Jump and Volatility Risks](#) », *Journal of Risk and Insurance*, Vol 74, pp 347-376.
- COMBES F., PLANCHET F. TAMMAR M. [2016] « [Pilotage de la participation aux bénéficiaires et calcul de l'option de revalorisation](#) », *Bulletin Français d'Actuariat*, vol. 16, n°31.
- EL KAROUÏ N. [2004] « [Couverture des risques dans les marchés financiers](#) », École Polytechnique, CMAP, 91128.
- EL KAROUÏ N., LOISEL S., PRIGENT JL., VEDANI J. [2017] « [Market inconsistencies of the market-consistent European life insurance economic valuations: pitfalls and practical solutions](#) ». *European Actuarial Journal*, Springer, 2017, 7 (1).
- EYMARD-DUVERNAY F. (dir) [2006] « [L'économie des conventions, méthodes et résultats](#) », La Découverte (27 avril 2006), ISBN-10 : 2707144878.
- EYRAUD-LOISEL A. [2019] « [How Does Asymmetric Information Create Market Incompleteness?](#) », *Methodol Comput Appl Probab* 21, 531-538 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11009-018-9672-x>.
- FFA (Fédération Française de l'Assurance) [2019] « [Rapport 2018 - Cahier statistique](#) », Rapport annuel publié sur le site officiel de la FFA.
- FFA (Fédération Française de l'Assurance) [2017a] « [Rapport annuel 2016](#) », Rapport annuel publié sur le site officiel de la FFA.
- FFA (Fédération Française de l'Assurance) [2017b] « [Bilan de l'année 2016 et perspectives de l'année 2017](#) », conférence de presse.
- FRANTZ C.; CHENUT X.; WALHIN J.F. [2003] « [Pricing and capital allocation for unit-linked life insurance contracts with minimum death guarantee](#) », *Proceedings of the AFIR Colloquium*.
- GEMAN H., EL KAROUÏ N., ROCHET J.C. [1995] « [Changes of numeraire, changes of probability measures and pricing options](#) », *Journal of Applied Probability*, pp. 433-458.

- GOURIEROUX C. MONTFORT A. [2015] “[Economic Scenario Generators and Incomplete Markets](#)”, CREST, Document de travail.
- GROSSMAN S., STIGLITZ J. [1980] « [On the impossibility of informationally efficient markets](#) », The American Economic Review, pp. 393 – 408.
- HAASTRECHT A. [2010] « [Pricing Long-term Options with Stochastic Volatility and Stochastic Interest Rates](#) », Phd Thesis, Published by Woormann Print Service, Zutphen, The Netherlands.
- HARRISSON J.M., KREPS D. [1979] « [Martingales and Arbitrage in Multiperiod Securities Markets](#) », *Journal of Economic Theory*, **20**.
- HARRISON J.M., KREPS D.M. [1978] « [Speculative investor behavior in a stock market with heterogeneous expectations](#) », The Quarterly Journal of Economics
- HARRISSON J.M., PLISKA S. [1981] « [Martingales and Stochastic Integrals in the Theory of Continuous Trading](#) », *Stochastic Processes and their Applications*, **11**.
- HOMBERT J., LYONNET V. [2017] « [Intergenerational Risk Sharing in Life Insurance: Evidence from France](#) » Débats économiques et financiers 30, Banque de France.
- In LAURENT J.P., NORBERG R., PLANCHET F. (editors) [2016] « [Modelling in life insurance – a management perspective](#) », Chapter 4: Economic Scenario Generators (with T. MOUDIKI) and Chapter 5: From Internal to ORSA Models (with C. ROBERT) EAA Series, Springer.
- INSTITUT DES ACTUAIRES [2016] « [Exemples de pratiques actuarielles applicables au marché français](#) », Groupe de travail « Best-estimate Liabilities Vie ».
- JUILLARD M., PLANCHET F., THÉRON P.E. [2011] « [Modèles financiers en assurance. Analyses de risques dynamiques - seconde édition revue et augmentée](#) », PARIS : ECONOMICA (PREMIÈRE ÉDITION : 2005).
- KAHNEMAN D., TVERSKY A. [1979] « [Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk](#) », *Econometrica*, Vol. 47, No. 2, pp. 263-292.
- KAHNEMAN D., TVERSKY A. [1974] « [Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases](#) », *Science*, New Series, Vol. 185, No. 4157. (Sep. 27, 1974), pp. 1124-1131.
- LAÏDI Y., PLANCHET F. [2015] « [Calibrating LMN Model to Compute Best Estimates in Life Insurance](#) », *Bulletin Français d’Actuariat*, vol. 15, n°29.
- LAURENT J.P., NORBERG R., PLANCHET F. (editors) [2016] « [Modelling in life insurance – a management perspective](#) », EAA Series, Springer.
- LEROY G., PLANCHET F. [2013] « [Risque de taux, spread et garanties de long terme](#) », la Tribune de l’Assurance (rubrique « le mot de l’actuaire »), n°178 du 01/03/2013.
- LES ECHOS [2020] « [L’assurance-vie en euros, alternative au Livret A ?](#) », publié le 16 janvier 2020 et consulté le 23 août 2020.
- LES ECHOS [2016] « [En Belgique, AXA veut racheter ses vieux contrats à taux garanti](#) », publié le 26 août 2016 et consulté le 23 août 2020.

- LOISEL, S. AND MILHAUD, X. [2011] « [From deterministic to stochastic surrender risk models: Impact of correlation crises on economic capital](#) », *European Journal of Operational Research*, 214(2), 348–357.
- MERLUS S., PEQUEUX O. [2000] « [Les garanties plancher des contrats d'assurance vie en unités de compte : tarification et couverture](#) », mémoire d'actuaire ENSAE.
- MERTON R.C. [1976] « [Option pricing when underlying stock returns are discontinuous](#) », *Journal of Financial Economics* 3, 125-44.
- MILHAUD, X., GONON, M.-P., AND LOISEL, S. [2010] « [Les comportements de rachat en Assurance Vie en régime de croisière et en période de crise](#) ». *Risques*, 83(83), 76–81.
- MUNIESA, F. [2000] « [Un robot walrasien : Cotation électronique et justesse de la découverte des prix](#) », *Politix* 13 (52) : 121–54.
- NTEUKAM T. O., PLANCHET F., THÉRON P.E. [2011] « [Optimal strategies of hedging portfolio of unit-linked life insurance contracts with minimum death guarantee](#) », *Insurance: Mathematics and Economics*, Vol. 48, Issue 2, pp. 161-175.
- ORLÉAN A. [2004] « [Efficience, finance comportementale et convention : une synthèse théorique](#) », in Boyer Robert, Dehove Mario et Dominique Plihon (éds.), « Les crises financières », Rapport du Conseil d'Analyse Économique, octobre 2004, Complément A, 241-270.
- ORLÉAN A. [2004] « [Les marchés financiers sont-ils rationnels ?](#) » in Philippe Askenazy et Daniel Cohen (éds.), « Vingt-sept questions d'économie contemporaine », Albin Michel, 2008, 63-85.
- PLANCHET F., BONNIN F. [2013] « [Engagement best estimate d'un contrat d'épargne en Euro](#) », *la Tribune de l'Assurance* (rubrique « le mot de l'actuaire »), n°185 du 01/11/2013.
- PLANCHET F. [2015] « [Valorisation des assurances-vie : comment mesurer la volatilité ?](#) », *Risques*, n°104.
- QIS5 [2010] « [Technical Specifications, Annex to Call for Advice from CEIOPS on QIS5](#) », *European Commission*.
- RAKAH N. [2015] « [Modélisation des rachats dans les contrats d'épargne](#) », CEA, Mémoire d'actuariat.
- REBONATO R. [2004] « [Volatility and correlation the perfect hedger and the fox](#) », 2nd ed. *Chichester: John Wiley and Sons Ltd*.
- SAKHO S. [2018] « [Analyse et modélisation des comportements de rachat d'un portefeuille d'épargne](#) », ISFA, Mémoire d'actuariat.
- SAVAGE L. [1954] « [The foundations of statistics](#) », Dover Publications, New York.
- SEARLE J. [1995] « [Collective intentions and actions](#) », dans « Intentions in Communication », COHEN P., MORGAN J. ET POLLACK M.E., (eds.), Cambridge University Press.
- SÉJOURNÉ B. [2006] « [Pourquoi le comportement des épargnants français est-il si peu conforme à la théorie traditionnelle du portefeuille ?](#) » *Les cahiers scientifiques* 1, Autorité des Marchés Financiers.

- SIMON H. [1947] « [Administrative Behavior \(A study of the decision making processes in administrative organization\)](#) », MACMILLAN.
- SIMON H. [1976] « [From Substantive to Procedural Rationality](#) », dans LATSIS D. (sous la direction de), « Methode Appraisal in Economics », Cambridge University Press, pp. 129-148.
- SURU A. [2011] « [Le rachat : modélisations et préconisations](#) », Dauphine, Mémoire d'actuariat.
- TANKOV P. [2011] « [Calibration de Modèles et Couverture de Produits Dérivés](#) », Université Paris-Diderot (Paris VII).
- TIROLE J. [1982] « [On the Possibility of Speculation under Rational Expectations](#) », Econometrica, Vol. 50, No. 5 (Sep., 1982), pp. 1163-1181.
- TIROLE J. [1985] « [Asset Bubbles and Overlapping Generations](#) », Econometrica, Vol. 53, No. 6 (Nov., 1985), pp. 1499-1528.
- TOUZI N., TANKOV P. [2012] « [No-arbitrage theory for derivatives pricing](#) », Ecole Polytechnique Paris. Département de Mathématiques Appliquées.
- WALTER C. [1996] « [Une histoire du concept d'efficience sur les marchés financiers](#) », Annales. Histoire, Sciences Sociales, vol. 51, n° 4, p. 873-905.
- WALTER C. [2005] « [La martingalisation des marchés financiers : l'efficacité informationnelle comme convention stochastique](#) », Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
- WALTER C. [2005] « [Les quatre causes de l'efficacité informationnelle des marchés](#) », De Boeck Supérieur, « Finance & Bien Commun », 2005/3 No 23, pages 107 à 115.
- WALTER C. [2013] « [Le modèle de marche au hasard en finance](#) ». Paris : ECONOMICA.
- WALTER C., BRIAN E. [2008] « [Critique de la valeur fondamentale](#) », Springer-Verlag France.
- WÜTRICH M.V. [2016] « [Market-Consistent Actuarial Valuation](#) », Springer.



## 7 Annexe : le contexte des contrats d'épargne

Sur le marché français de l'assurance vie, on rencontre majoritairement deux types de contrats d'épargne : les contrats en euros et les contrats en unités de compte (y compris l'euro-croissance).

À fin 2018, les encours des contrats d'épargne représentent 1 692 Md€<sup>30</sup>, soit 70 % des placements du marché de l'assurance français (FFA [2019]). Les contrats d'épargne en euros représentent 1 297 Md€<sup>31</sup>, soit 54 % des placements et les contrats en unités de compte représentent 341 Md€, soit 14 % des placements.

Les contrats en unités de compte (UC) sont des contrats, où l'épargne est investie directement sur des supports financiers et n'offrent pas aux assurés de garanties sur le capital investi. Ils peuvent, néanmoins, être couverts par des garanties planchers permettant de limiter les pertes.

Les fonds euro-croissance comportent une garantie en capital (totale ou partielle) qui n'est acquise par l'assuré qu'au terme d'une durée de détention minimale. Cette durée minimale est fixée par le Code des Assurances à 8 ans à compter du premier versement. Leurs encours restent non significatifs comparés aux contrats en euros et en UC.

Les contrats d'épargne en euros proposent une capitalisation de l'investissement et la possibilité de racheter le contrat à tout moment (C. ass., Article R-132-5-3). Les primes perçues par les assureurs sont investies à leur discrétion. Pour l'assuré, la perte en capital ne peut survenir qu'en cas de faillite de l'assureur. Dans ce cas, le fonds de garantie des assurances de personnes (FGAP) peut être saisi. La perte est couverte à hauteur de 70 000 euros.

Les produits des contrats d'épargne sont soumis aux prélèvements sociaux lors de leur inscription en compte ou lors du rachat du contrat. Le taux global appliqué aux revenus versés en 2019 est de 17,2 %. Quand l'assuré opère un rachat partiel ou un rachat total de son épargne, les gains deviennent imposables à l'impôt sur le revenu. Le Tableau 10 présente une synthèse de la fiscalité des contrats d'épargne en cas de rachat<sup>32</sup>.

---

<sup>30</sup> Dont 54 Md€ de provisions pour participation aux bénéfices.

<sup>31</sup> Hors provisions pour participation aux bénéfices.

<sup>32</sup> Pour plus de détails, le lecteur peut se référer au site : <https://www.impots.gouv.fr/portail/particulier/assurance-vie-et-le-pea-o>



**Tableau 10 : Fiscalité des contrats d'épargne**

Ancienneté du contrat	Fiscalité pour versements / souscriptions avant le 27 septembre 2017	Fiscalité pour versements / souscriptions après le 27 septembre 2017
Entre 0 et 4 ans	Au choix : - Prélèvement forfaitaire libératoire de 35% + Prélèvements sociaux - Impôt sur le revenu : intégration dans le revenu imposable	12,8% de prélèvements forfaitaires + Prélèvements sociaux
Entre 4 ans et 8 ans	Au choix : - Prélèvement forfaitaire libératoire de 15% + Prélèvements sociaux - Impôt sur le revenu : intégration dans le revenu imposable	12,8% de prélèvements forfaitaires + Prélèvements sociaux
Au delà de 8 ans	Au choix : - Prélèvement forfaitaire libératoire de 15% + Prélèvements sociaux - Impôt sur le revenu : intégration dans le revenu imposable	Pour les versements inférieurs ou égaux à 150.000€ : 7,5% de prélèvements forfaitaire + prélèvements sociaux (CSG et CRDS)  Pour les versements supérieurs à 150.000€ : 12,8% sur les plus values + prélèvements sociaux  L'abattement annuel de 4.600€ pour un célibataire ou de 9.200€ pour un couple est applicable à tous les contrats. Il est appliqué en priorité sur la part taxée à 7,5%

Par ailleurs, le code des assurances prévoit un délai de deux mois au maximum pour la mise à disponibilité des fonds à la suite d'une demande de rachat. En cas de décès, l'assureur doit verser le capital dans un délai d'un mois. Ces délais peuvent être réduits contractuellement dans les conditions générales.

Dans cette annexe, nous nous intéressons aux contrats d'épargne classiques en euros.

## 7.1 Le cadre réglementaire de la revalorisation

Les intérêts techniques constituent une revalorisation contractuelle minimale des encours (C. ass., Article A-132-1). Cette revalorisation est complétée par une rémunération supplémentaire : la participation aux bénéfices (PB). Celle-ci représente le reliquat du compte de résultat technico-financier après la prise en compte des intérêts techniques. Elle ne donne aucun droit individuel à l'assuré et sa distribution est à la discrétion de l'assureur.

La revalorisation des contrats d'épargne en euros se compose

- D'une revalorisation minimale : taux technique ou taux minimum garanti s'il est applicable.
- D'une revalorisation discrétionnaire par la participation aux bénéfices.

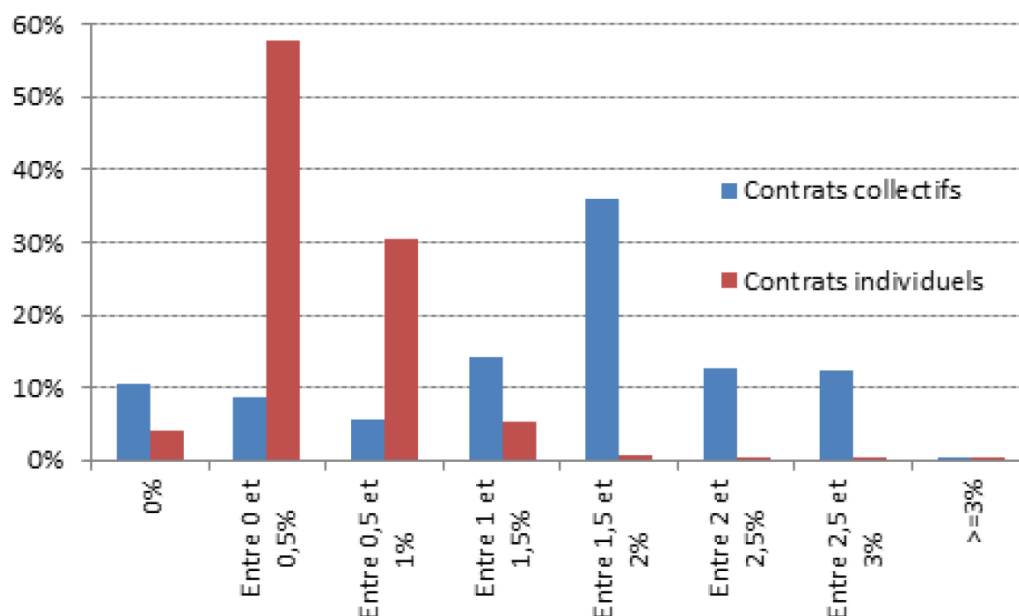
### 7.1.1 Taux techniques

L'article A132-1 du Code des Assurances (en vigueur, dans sa substance actuelle, depuis 1995) fixe le taux maximal qu'un assureur peut garantir sur la durée du contrat d'épargne en euros à la date de souscription. Il dispose que ce taux technique maximal est fixé, en fonction de la durée de l'engagement, à 60% ou 75% des taux moyens des emprunts de l'État français (TME) calculés sur une base semestrielle.

En moyenne, les taux techniques s'élevaient à 0,51% sur l'ensemble des contrats d'assurance vie en 2015. Cette moyenne recouvre, cependant, des situations très variables. En effet, la moyenne des taux techniques sur les contrats individuels, qui représentent la majeure partie des provisions techniques des supports en euros (92%), est plus faible (0,42%) que celle des contrats collectifs (retraite type Madelin, articles 39, 82, 83 du code

général des impôts, plan épargne retraite populaire, retraite professionnelle supplémentaire) qui est de 1,5 %<sup>33</sup>.

**Fig. 12: Répartition des entités par taux technique moyen en 2015 (par poids des Provisions mathématiques)<sup>34</sup>**



Dans le contexte de taux négatifs observés actuellement sur le marché, le coût de l'option du taux technique est un sujet d'actualité. La question de garantir un taux technique (net de chargements) négatif pour les nouvelles souscriptions se pose naturellement.

Aucune interprétation de l'article A132-1 ne peut conduire à exclure la garantie d'un taux d'intérêt technique négatif pour les nouvelles souscriptions. Cependant, une telle garantie ne serait pas compatible avec l'objectif de prudence implicite à cet article, à savoir garantir au maximum un taux inférieur (60 % ou 75 %) au TME calculé sur une base semestrielle car, en situation de taux négatifs, ce maximum lui serait supérieur.

Aussi, l'article A132-1-1 CdA (en vigueur dans sa substance actuelle depuis 1998) stipule que le taux d'intérêt technique maximal applicable aux tarifs est fixé sur une échelle de taux d'origine 0 et pas de 0,25 point, sans descendre en-dessous de 0. Il n'interdit, cependant, pas l'utilisation d'un taux inférieur au maximum autorisé.

### 7.1.2 Taux minimum garantis

Au-delà du taux technique, la capacité des assureurs à prendre des engagements supplémentaires sous forme d'un taux minimum garanti (TMG) est limitée à 2 ans et s'avère en pratique marginale chez les principaux assureurs (ACPR [2017]).

L'article A132-2 du Codes des Assurances prévoit la possibilité pour un assureur de garantir annuellement des taux supérieurs aux intérêts techniques. Les TMG se composent donc du

<sup>33</sup> Cf. ACPR [2017].

<sup>34</sup> Source ACPR [2017].

taux d'intérêt technique et d'une partie, plafonnée par la réglementation, de la participation aux bénéfices (PB).

L'article A132-3 du Code des Assurances fixe les modalités de calcul de ces TMG. Il dispose que :

- Il est possible de garantir annuellement une PB limitée à un plafond égal à la différence, lorsqu'elle est positive, entre 80% du rendement moyen des actifs sur deux ans et la somme des intérêts techniques attribués aux contrats.
- Le TMG ne peut excéder le minimum entre (1) 150% du taux technique maximal à 75% du TME calculé sur une base semestrielle, et (2) le maximum entre 120% du taux technique maximal et 110% de la moyenne des taux servis.

Si les TME calculés sur une base semestrielle sont négatifs, l'article A. 132-3 rend de fait impossible de garantir des TMG annuels positifs.

### 7.1.3 Participation aux bénéfices

Le montant minimal de participation aux bénéfices est égal au montant minimal de participation aux résultats, diminué du montant des intérêts techniques crédités aux provisions mathématiques. Le montant minimal de participation aux résultats est le solde créditeur du compte de participation aux résultats qui comprend<sup>35</sup> :

- 90 % du résultat technique de souscription s'il est créditeur et 100% s'il est débiteur.
- 85 % de la part des produits financiers affectables aux provisions techniques.
- Le solde débiteur du compte de participation aux résultats de l'exercice précédent.

Le Code des Assurances (CdA) n'autorise donc pas la possibilité de constater une participation aux bénéfices (PB) négative quel que soit l'état de l'économie.

Par ailleurs la PB ne donne aucun droit individuel à l'assuré. La PB est distribuée immédiatement ou affectée à la provision pour participation aux bénéfices (PPB), qui doit être distribuée sous huit ans à compter de son affectation au fonds.

Les assurés disposent donc de deux provisions acquises :

- Les provisions mathématiques qui sont déterminées individuellement et correspondent à l'épargne acquise.
- La provision pour participation aux bénéfices, globale, dont la redistribution relève de la politique de l'assureur.

La PB permet ainsi de lisser la rémunération dans l'espace (entre les différents contrats) et dans le temps, et de piloter ainsi l'activité en fonction des contraintes commerciales et des conditions du marché financier. Outre la PB, d'autres provisions sont constituées par l'assureur impliquant un lissage de la performance comptable de l'actif dans le temps. On peut lister notamment la réserve de capitalisation, la provision pour aléas financiers et la provision pour risque d'exigibilité.

<sup>35</sup> Cf articles A331-3 et suivants du Code des Assurances et Instruction n° 2016-I-15 de l'ACPR.

Enfin, l'assureur dispose également d'une richesse latente (différence entre l'actif en valeur de marché et en valeur comptable) lui procurant une marge de manœuvre dans la gestion de la revalorisation de l'épargne.

Dans cette sous-section, nous avons examiné le cadre réglementaire de la revalorisation des contrats d'épargne en euros. Les articles du CdA encadrant cette revalorisation vont probablement être amendés pour refléter la baisse structurelle des taux d'intérêt. La sous-section suivante présente un parallèle entre les mécanismes de revalorisation et les options financières classiques.

## 7.2 Options des contrats d'épargne et facteurs de risque

Les options incluses dans les contrats d'épargne classiques en euros peuvent être synthétisées en trois catégories :

- Options financières : l'assureur s'engage sur une rémunération minimale de l'épargne en garantissant un taux minimal de revalorisation ou une PB garantie.
- Options comportementales : l'assureur propose des options de rachat, d'arbitrage euros-UC, de versements libres ou programmés, bonus de fidélité... L'activation de ces options est à l'appréciation de l'assuré.
- Options biométriques : sont les options dépendant du risque de mortalité (ou de longévité) comme la proposition par l'assureur de rentes différées.

L'assuré bénéficie donc de trois options à caractère financier (cf. BRYs et DE VARENNE [1994]) :

- L'option de taux technique ou de taux de participation aux bénéfices garantis, assimilable à une option vanille européenne.
- L'option de rachat, assimilable à une option de vente américaine.
- L'option de garantie de taux sur les versements libres ou programmés, assimilable à une *swaption*.

Ainsi, les facteurs de risques auxquels sont exposés les passifs des contrats d'épargne classiques en euros sont (cf. ARMEL et PLANCHET [2019] et LAURENT et al. [2016]) :

- Les risques biométriques et de rachats structurels qui sont non-réplicables. Ils sont néanmoins mutualisables.
- Les risques liés aux comportements conjoncturels (ou dynamiques) des assurés qui sont non-réplicables (cf. section 2.4 et 3). Ces comportements représentent la réaction des assurés aux contextes économiques, financiers et aux taux de revalorisation (et donc aux décisions de l'assureur). Ils peuvent se traduire par des rachats, des arbitrages ou des versements.
- Les risques du marché financier et notamment le risque de taux qui peuvent être en partie réplicables.

La réaction de l'assureur aux taux de rendements de l'actif et aux anticipations des comportements des assurés prend la forme d'actions de gestion, sur la base d'un taux comptable, dont la résultante est le taux servi (cf. section 2.3 pour une présentation d'algorithme type de calcul du taux servi pratiqué par la place).