

Projet de Fin d'Etudes

**Etude de rentabilité des produits vie : Calcul des
indicateurs économiques de rentabilité**

Préparé par : M.AFKIR Zakaria

M.JEFFAL Khalid

Sous la direction de : *M. Mustapha LEBBAR (INSEA)*

Mme Zineb ARICHI (AXA ASSURANCES Maroc)

M. Claude MERICAIN (AXA ASSURANCES Maroc)

Soutenu publiquement comme exigence partielle en vue de l'obtention du

Diplôme d'Ingénieur d'Etat

Filière : ACTUARIAT FINANCE

Devant le Jury composé de : M. Amal EL ORAIBY

M. Mustapha LEBBAR

Résumé

Les produits de capitalisation sont connus pour être un moyen de fructifier une épargne, pour son propre compte ou pour des proches. Les options et garanties que présentent ces contrats attirent de plus en plus de particuliers, mais représentent cependant des risques que l'assureur doit gérer avec prudence. De plus, ces engagements, généralement de long terme, peuvent impacter l'activité de la compagnie. Ainsi, les actionnaires souhaitent avoir une idée sur le rendement des capitaux investis y compris le capital réglementaire requis, et ceci afin de mener à bien l'activité de la compagnie.

Ainsi, Il s'agit dans ce travail d'évaluer la rentabilité de deux portefeuilles de contrats de épargne d'AXA ASSURANCES Maroc. Pour ce faire, nous aurons à calculer trois indicateurs, à savoir la **New Business Value (NBV)**, l'**Internal Return Rate (IRR)** et le **Solvency Capital Requirement (SCR)**. Dans un premier temps, nous allons présenter l'assurance vie au Maroc ainsi que les deux contrats sur lesquels portera notre étude. Dans une deuxième partie, nous allons présenter les indicateurs à calculer ainsi que la méthode et les différentes hypothèses suivies pour y parvenir. Ensuite, nous présenterons les différentes projections et modélisations de l'actif et du passif afin de pouvoir dégager les flux futurs et parvenir au calcul des indicateurs cités ci-dessus. La dernière partie sera consacrée à la présentation de l'application et à l'analyse des résultats.

Mots clés: New Business Value, Internal Return Rate, Solvency Capital Requirement, Modélisation Actif-Passif

Dédicaces:

Je dédie ce modeste travail à :

- Ma mère, Samira, ma source inépuisable de motivation et d'encouragement, et la meilleure maman au monde,
- Mon père, Abderrahim, mon idole, et le meilleur père au monde, pour ses sacrifices et son soutien inconditionnel
- A mes sœurs, Yasmine et Sara
- A mes amis, Hamza, Nabil, Ahmad, Mohcine, Khalil , Bechar, Réda, Idriss, Nassireddine, Ilyas , Youssef, Adil, Mouad, Dounia ,Mouna, Fatima-Zahra, ainsi qu'à toute la famille INSEA Events. La vie n'aurait pas de sens sans une compagnie comme la vôtre.
- A Lamiyaa, Tarek, Wissal et Meryem. Mes amis les plus chers, je ne saurai vous remercier assez d'avoir toujours été à mes côtés. Je vous aime.
- A mon partenaire Zakaria Afkir, pour son dévouement tout au long de la période de notre travail ensemble
- Aux membres de la direction technique d'AXA Assurance Maroc, pour leur accueil chaleureux. Travailler avec vous fut un pur plaisir.

JEFFAL Khalid

Dédicaces:

Je tiens à dédier ce travail à :

- ☞ Ma très chère et tendre mère pour son affection et son soutien inconditionnel. Aussi grande qu'elle soit, ma gratitude n'égalera jamais ses sacrifices et ses prières,
- ☞ Mon père qui est et qui restera à jamais, pour moi, l'incarnation de l'humilité, de l'intégrité et de la sagesse,
- ☞ Ma sœur Sara ainsi que le reste de ma famille pour leur amour et leur attention,
- ☞ Mes amis sans lesquels la vie n'aurait simplement pas de goût,
- ☞ Au corps professoral de l'INSEA, à qui je dois tout le respect pour leur dévouement dans l'accomplissement de leur tâche,
- ☞ Au personnel de la Direction Technique d'AXA Assurance Maroc, pour leur accueil et leur esprit de partage,
- ☞ Je le dédie également à toute personne qui m'est chère et à tous ceux qui ont veillé à ce que cette expérience de stage soit à la hauteur.

AFKIR ZAKARIA

Remerciements

Nos plus profonds remerciements vont en premier lieu au Directeur Technique et du Marché des Particuliers **M. DBICH ABDERRAHIM** qui n'a pas hésité à nous offrir cette opportunité de réaliser notre projet de fin d'études dans les locaux d'AXA Assurance Maroc et au sein de son équipe.

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance également à **Mme. ARICHI Zineb, M. MERICAIN Claude** et **M. FADILI Soufiane**, qui sans leur encadrement, leurs conseils avisés, et leur disponibilité ce présent travail n'aurait pas été aussi abouti.

Nous tenons aussi à remercier M. LEBBAR Mustapha, notre tuteur au sein de l'Institut National de Statistique et d'Economie Appliquée pour ses conseils de qualité, ses encouragements et sa disponibilité tout au long de notre travail.

Nous exprimons également notre gratitude à l'égard de l'ensemble du personnel du siège d'AXA ASSURANCE qui ont facilité notre incursion, et n'ont pas hésité à nous transmettre leurs connaissances, leurs méthodes de travail, leurs expériences, leurs conseils pour surmonter les différentes difficultés que nous avons dû rencontrer lors de cette expérience professionnelle. Une mention spéciale à tous les co-stagiaires qui ont rendu cette expérience aussi divertissante qu'enrichissante.

Enfin, un grand merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Table des matières

Résumé.....	3
Dédicaces:.....	4
Dédicaces.....	Erreur ! Signet non défini.
Remerciements	6
Liste des abréviations	10
Liste des figures :.....	11
Introduction.....	13
Chapitre I : Présentation d'AXA Assurance Maroc.....	15
I. Historique	15
II. Expertise d'AXA Assurance Maroc	15
III. Quelques chiffres.....	16
Chapitre II : Présentation de l'assurance vie.....	19
I. Le marché de l'assurance vie au Maroc	19
II. Les principaux types de contrats.....	20
Chapitre III: Exposé du problème	22
I. Produits étudiés :.....	22
II. L'étude de rentabilité	23
1.1. Strain :	23
1.2. Present Value of Future Benefits: PVFB	23
1.3. Cost of Capital (CoC).....	26
1.4. Time Value of Options and Guarantees: (TVOG).....	27
1.5. Cost of non-Hedgeable Risks	27
2. New Business Value (NBV) :	27
3. Internal return rate: (IRR).....	28
III. La réforme solvabilité II :.....	29

1.	De Solvabilité I à Solvabilité II :.....	30
2.	La réforme Solvabilité II.....	30
3.	Solvabilité au Maroc :.....	32
4.	Spécifications techniques :.....	32
Chapitre IV : Modélisation de l'actif et du passif		48
I.	Modélisation de l'actif :.....	48
1.	Génération de variables aléatoires :	48
2.	Modèles de taux.....	49
3.	Modélisation des actions :.....	55
4.	Modélisation de l'immobilier :	57
5.	Modélisation de l'OPCVM :	57
II.	Modélisation du passif :	57
1.	Nombre d'adhérents :	58
2.	Versements.....	58
3.	Réserves d'ouverture de l'année	58
4.	Réserves clôture de l'année :	58
5.	Montant des décès.....	59
6.	Rachats nets de pénalité	59
7.	Capitaux à échéance.....	60
8.	Participation au bénéfice	61
9.	Les chargements de gestion	61
10.	Les chargements d'acquisition :	61
11.	Les frais de gestion :	61
12.	Provisions de gestion :.....	62
Chapitre V : Analyse des résultats : Calcul de la NBV, IRR, et SCR		64
I.	New Business Value (NBV) :	64
1.	Le modèle point :.....	64
2.	Renseignement des hypothèses :.....	66

3. Projection des flux et calcul de la NBV et l'IRR :	67
II. Internal Return Rate (IRR) :	72
III. Solvency Capital Requirement (SCR)	73
1. Calcul du Best Estimate	73
2. Calcul du Solvency Capital Requirement	76
3. Calcul de la marge de risque :	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion	80
Annexe :	81
Annexe I : Taux de référence du marché secondaire des bons de trésor	81
Annexe II : Valeurs journalières des cours des actions sur la période 1999-2016	81
Annexe III : Valeurs du rendement selon l'IPAI	82
Bibliographie	83
Publications	83
Webographie	83

Liste des abréviations

BAM : Bank AL Maghrib

CIR : Cox Ingersoll Ross

CoC: Cost of Capital

IRR : Internal Return Rate

MCR: Minimum Capital Requirement

NAV: Net Asset Value

NBV : New Business Value

PB : Participation aux bénéfices

PDG : Provisions de gestion

PVFB : Present Value of Future Benefits

QIS: Quantitative Impact Studies

SCR : Solvency Capital Requirement

TRA: Taux de rendement des actifs

TVOG: Time Value of Options and Guarantees

Liste des figures :

Figure 1: Historique d'AXA Assurance Maroc.....	15
Figure 2: Expertise Particulier	15
Figure 3:Expertise entreprise	16
Figure 4:Quelques chiffres d'AXA Assurance Maroc.....	17
Figure 5: Prises émises par entreprise d'assurance	19
Figure 6: Primes émises assurance vie	20
Figure 7: Résultat technique ETAT D19	25
Figure 8: Résultat financier ETAT D19	26
Figure 9: Montant de la PB ETAT D19	26
Figure 10: Bilan d'une compagnie d'assurance sous Solvabilité II	31
Figure 11: Allocation cible	48
Figure 12: Valeurs journalières MASI	57
Figure 13: Nombre de rachats par exercice et par ancienneté.....	60
Figure 14: Taux de rachat par exercice et par ancienneté	60
Figure 15: Taux de sortie des capitaux échus par âge.....	61
Figure 16: Interface de l'application.....	64
Figure 17: Modèle Point	65
Figure 18 : Distribution de l'effectif du modèle point par âge.....	65
Figure 19:Primes moyennes versées par âge.....	65
Figure 20: Hypothèses techniques de la projection.....	66
Figure 21: Lois de reversement, rachat et échéance	66
Figure 22: Hypothèses financières	67
Figure 23: Evolution des primes versées.....	68
Figure 24:Prestations dues au rachat.....	68
Figure 25:Prestation dues à l'échéance.....	69
Figure 26:Prestations dues au décès.....	69
Figure 27: Projection du compte résultat et calcul de la PVFB	70
Figure 28 : Calcul du Coût du capital	70
Figure 29: Calcul des indicateurs pour le produit X.....	71
Figure 30: Calcul des indicateurs pour le produit Y.....	71
Figure 31: IRR pour le produit X	72
Figure 32: IRR produit Y.....	72
Figure 33: Projection des frais de gestion	74

Introduction

Les produits d'assurance vie constituent un bon moyen pour l'assuré de fructifier son épargne dans l'optique de faire face à des besoins financiers futurs, vu les nombreux avantages qu'ils présentent.

De leur côté, les actionnaires, en immobilisant les capitaux nécessaires à l'activité d'assurance, s'attendent à réaliser des profits tout au long de la durée de vie des contrats. Ainsi, l'assureur cherchera constamment à évaluer les profits ou pertes futurs des contrats qu'il a souscrit, et suivre l'évolution de leur rentabilité. Ceci passe par une projection de tout le portefeuille jusqu'à son extinction, avec des hypothèses bien précises qui permettent d'appréhender le risque que prend l'assureur. Plusieurs indicateurs permettent d'arriver à cette fin, parmi eux la New Business Value (NBV) et l'IRR (Internal Return Rate).

D'autre part, les différentes options et garanties de ces contrats font que l'assureur doit pouvoir bien estimer ses engagements. C'est dans cette optique que la réglementation prudentielle Solvabilité II impose aux compagnies des méthodes bien précises pour évaluer leurs passifs, et par la suite calculer le capital réglementaire requis pour éviter la ruine à une probabilité de 99.5%.

Il s'agira donc dans ce travail, tout d'abord, de mesurer la rentabilité et la performance de deux produits, à travers le calcul de deux indicateurs à savoir la NBV et l'IRR. Aussi, nous serons amenés à calculer le SCR afin d'évaluer cette rentabilité par rapport au capital réglementaire requis.

Chapitre 1: Présentation d'AXA ASSURANCE Maroc

Chapitre I : Présentation d'AXA Assurance Maroc

I. Historique

Axa Assurance Maroc est née en 2000 de la fusion entre AXA AL AMANE et la Compagnie africaine d'assurance. A l'époque détenue par l'ONA et AXA, le groupe finit par racheter la part de l'ONA en 2006 faisant ainsi d'AXA Assurance Maroc une filiale à part entière du groupe. Forte de ses 500 collaborateurs et 212 agents généraux, elle collabore également avec 152 courtiers partenaires.



Figure 1: Historique d'AXA Assurance Maroc

II. Expertise d'AXA Assurance Maroc

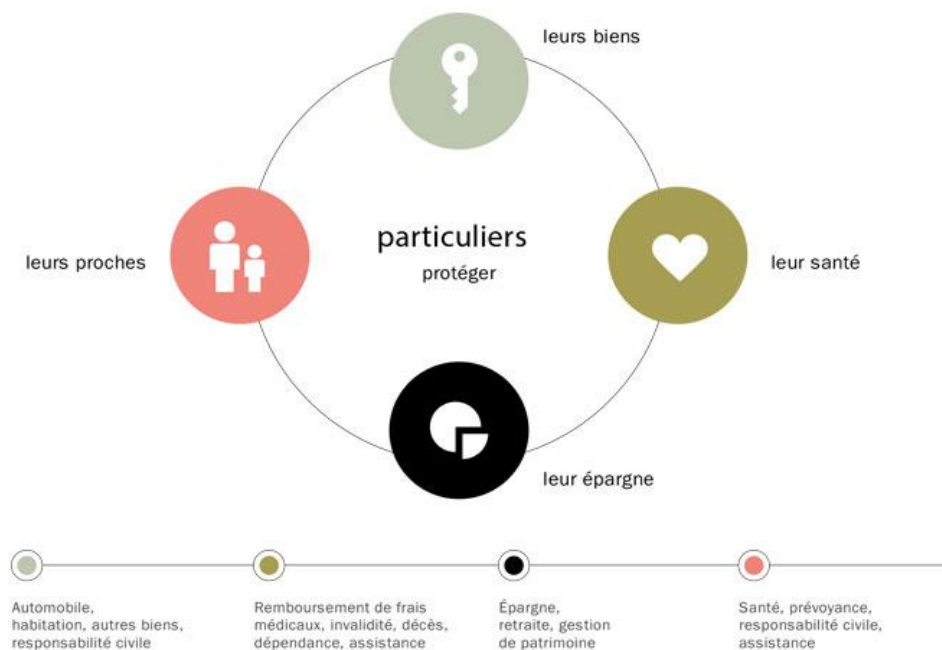


Figure 2: Expertise Particulier

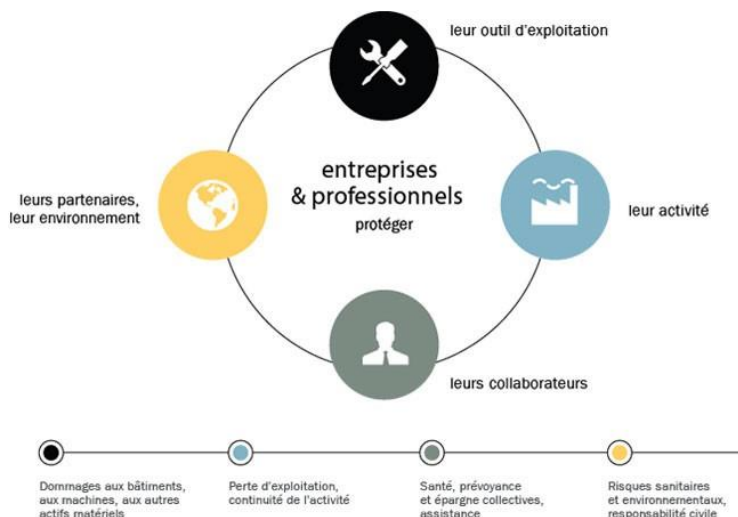


Figure 3: Expertise entreprise

Assurance vie, épargne, retraite

Les contrats individuels et collectifs d'assurance vie offrent, d'une part, une protection de santé (gestion et remboursement des frais médicaux) et de prévoyance (décès et invalidité) et, de l'autre, une gestion de l'épargne. Le premier aspect répond aux risques qui portent atteinte à la personne. Le second permet de financer un projet, une retraite ou de transmettre un patrimoine.

Assurance dommages

Cette activité protège contre les dommages aux biens – automobile et habitation par exemple – et couvre la responsabilité – tant civile que professionnelle. Elle se décline très largement auprès des particuliers, d'une part, et des entreprises, d'autre part. L'assistance en fait partie, tout comme les lignes très spécialisées d'assurances marine et aviation.

III. Quelques chiffres

Primes émises par entreprise d'assurances Exercice 2016					
Assurances Vie et Non Vie					
	2014	2015	2016	Evolution 2015/2016	Part marché
Axa Assurance Maroc	3 648,9	3 887,2	3 928,1	1,1%	11,2%

Assurances Non Vie (y compris les acceptations en réassurance)					
	2014	2015	2016	Evolution 2015/2016	Part marché
Axa Assurance Maroc	2 762,0	2 795,2	2 730,3	-2,3%	13,1%
Assurances Vie (y compris les acceptations en réassurance)					
	2014	2015	2016	Evolution 2015/2016	Part marché
Axa Assurance Maroc	886,9	1 092,0	1 197,8	9,7%	8,4%

Figure 4: Quelques chiffres d'AXA Assurance Maroc

Comme est le cas de la tendance du marché de l'assurance au Maroc, les primes émises pour le compte de l'exercice 2016 sont majoritairement constitués de primes émises au niveau de la branche non-vie. En effet, l'assurance non-vie représente 70% du chiffre d'affaires d'AXA Assurance Maroc. Cependant, c'est la branche assurance-vie qui réalise la meilleure évolution comparée à celle réalisée au niveau de la branche non-vie.

Chapitre II : Présentation de l'assurance vie

Chapitre II : Présentation de l'assurance vie

I. Le marché de l'assurance vie au Maroc

Au Maroc, l'assurance a connu un véritable décollage récemment. Le Maroc est le deuxième plus grand marché d'assurances en Afrique et le premier dans le monde arabe. Un marché en constante évolution, avoisinant les 15 % pour le compte du dernier exercice.

Le marché de l'assurance vie est la locomotive de ce développement. En effet, en visualisant les chiffres de l'année 2016, nous remarquons que l'assurance vie enregistre une évolution de 35,4% par rapport à l'exercice 2015 :

Primes émises par entreprise d'assurances					
Exercice 2016					
Assurances Vie et Non Vie					
	2014	2015	2016	Evolution 2015/2016	Part marché
Atlanta	1 599,8	1 760,6	1 939,4	10,2%	5,5%
Axa Assistance Maroc	125,2	152,4	106,8	-29,9%	0,3%
Axa Assurance Maroc	3 648,9	3 887,2	3 928,1	1,1%	11,2%
CAT	636,1	631,2	634,0	0,5%	1,8%
Coface Maroc	-	17,9	45,6	155,5%	0,1%
Euler Hermes ACMAR	96,3	108,3	116,5	7,5%	0,3%
Saham Assistance	298,4	333,2	469,5	40,9%	1,3%
MAMDA	759,9	846,9	857,6	1,3%	2,4%
Maroc Assistance Internationale	436,5	432,6	435,3	0,6%	1,2%
Marocaine Vie	1 152,3	1 360,2	1 484,1	9,1%	4,2%
MATU	247,0	265,1	293,0	10,5%	0,8%
MCMA	1 617,3	1 606,8	1 314,9	-18,2%	3,7%
Mutuelle Taamine Chaabi	-	209,6	2 738,9	1207%	7,8%
RMA	5 188,8	5 547,6	5 860,0	5,6%	16,7%
Saham Assurance	3 679,9	3 773,0	4 391,8	16,4%	12,5%
Sanad	1 553,7	1 657,0	1 750,6	5,6%	5,0%
Wafa Assurance	6 078,5	6 407,4	7 314,5	14,2%	20,8%
Wafa Ima Assistance	133,8	176,7	209,0	18,3%	0,6%
Zurich Assurance Maroc	1 169,3	1 250,0	1 212,1	-3,0%	3,5%
Total	28 421,6	30 423,7	35 101,9	15,4%	100,0%

En millions de dirhams

Figure 5: Prises émises par entreprise d'assurance

Assurances Vie (y compris les acceptations en réassurance)

	2014	2015	2016	Evolution 2015/2016	Part marché
Atlanta	188,9	209,9	240,4	14,5%	1,7%
Axa Assistance Maroc	-	-	-	-	-
Axa Assurance Maroc	886,9	1 092,0	1 197,8	9,7%	8,4%
CAT	-	-	-	-	-
Coface Maroc	-	-	-	-	-
Euler Hermes ACMAR	-	-	-	-	-
Saham Assistance	-	-	-	-	-
MAMDA	-	-	-	-	-
Maroc Assistance Internationale	-	-	-	-	-
Marocaine Vie	1 083,8	1 277,3	1 401,7	9,7%	9,8%
MATU	-	-	-	-	-
MCMA	1 146,0	1 055,0	720,9	-31,7%	5,0%
Mutuelle Taamine Chaabi	-	209,6	2 738,9	1207%	19,2%
RMA	2 462,6	2 672,9	2 858,8	7,0%	20,0%
Saham Assurance	370,8	362,8	774,0	113,4%	5,4%
Sanad	215,9	237,0	298,3	25,9%	2,1%
Wafa Assurance	3 019,5	3 422,4	4 043,1	18,1%	28,3%
Wafa Ima Assistance	-	-	-	-	-
Zurich Assurance Maroc	24,6	21,9	21,8	-0,7%	0,2%
Total	9 399,1	10 560,8	14 295,8	35,4%	100,0%

En millions de dirhams

Figure 6: Primes émises assurance vie

II. Les principaux types de contrats

Les contrats d'assurance vie commercialisés au Maroc peuvent être classifiés en :

- Des contrats d'épargne dont le but est la constitution d'une épargne dans le but de financer des besoins de long terme pour le client,
- Des contrats de prévoyance visant à couvrir plusieurs risques tel le décès, l'arrêt de travail ou encore l'invalidité.

Dans le cas de contrats d'épargne, en contrepartie du versement d'une prime périodique ou d'un versement libre, l'entreprise d'assurance va alimenter un compte individuel dédié à l'assuré qui va être bonifié tous les ans au moyen d'un taux minimum garanti.

Ce mécanisme est désigné par le vocable « capitalisation ».

Les contrats de capitalisation peuvent répondre à différents besoins. La liste ci-après n'étant pas exhaustive :

- Constitution d'un fonds de retraite ;
- Constitution d'une épargne éducation destinée à financer les études supérieures des enfants
- Constitution d'une épargne pour permettre à son enfant de s'installer et de démarrer sa vie active dans de bonnes conditions ;
- Constitution d'une épargne logement pouvant servir comme apport pour l'acquisition d'un bien immobilier.

Chapitre 3: Exposé du problème

Chapitre III: Exposé du problème

I. Produits étudiés :

Dans le cadre de notre étude, nous allons étudier deux produits d'épargne :

- Produit X : Produit de Retraite Complémentaire Groupe.
- Produit Y : Produit de Capitalisation Individuelle.

Caractéristiques du produit X :

Le produit X permet la constitution d'une retraite moyennant le versement de primes d'épargne périodiques ou supplémentaires. Aussi, le produit assure une garantie complémentaire. En cas de décès ou d'invalidité absolue et définitive de l'assuré avant 65 ans, la compagnie s'engage à payer un capital complémentaire à l'assuré.

 Fonctionnement :

- Le contrat est un contrat à tacite reconduction (renouvelé automatiquement si aucune des parties n'exige sa résiliation).
- L'assuré peut verser, en plus des primes périodiques, des primes supplémentaires.
- Libre interruption des primes.
- A la clôture de l'exercice, le compte d'épargne retraite est revalorisé à un taux d'intérêt annuel minimum garanti, augmenté de la participation aux bénéfices.
- Les frais d'acquisition et de gestion du contrat sont calculés respectivement en pourcentage de la prime versée et de la provision constituée, et sont prélevés du montant de la participation aux bénéfices.

Caractéristiques du produit Y :

Ce contrat a pour objet la constitution et le service d'une épargne revalorisée moyennant le versement de primes périodiques ou libres. Par ce contrat, l'assuré a également la possibilité de souscrire à une garantie complémentaire « décès et invalidité absolue et définitive »

 Fonctionnement :

- Le contrat est un contrat à tacite reconduction (renouvelé automatiquement si aucune des parties n'exige sa résiliation).
- L'assuré a le droit soit de verser ses primes d'une manière périodique (un montant minimum des versements est exigé), soit des versements libres (un versement initial est exigé)
- A la clôture de l'exercice, le compte d'épargne retraite est revalorisé à un taux d'intérêt annuel minimum garanti, augmenté de la participation aux bénéfices.

- Les frais d'acquisition et de gestion du contrat sont prélevés respectivement en pourcentage de la prime versée et de la provision constituée

II. L'étude de rentabilité

Les produits d'assurance-vie sont des produits long-terme. Les contrats d'épargne souscrits peuvent s'étendre sur plusieurs années. Connaissant les différents risques encourus en souscrivant un contrat, l'assureur s'interroge sur la rentabilité de ces contrats et leur capacité à générer des bénéfices. Ainsi, il paraît légitime d'essayer de suivre la performance des produits, et évaluer leur rentabilité tout au long de leur durée de vie.

L'activité d'assurance se caractérise par l'inversion du cycle de production. Pour les contrats d'épargne, ce principe correspond au fait que l'assureur ne connaît pas les gains et les pertes futures engendrées par les clauses (en termes de garanties) définies au moment de leurs souscriptions. Ainsi, l'ensemble des conditions de revalorisation de la prime initiale versée (par exemple, les taux garantis ou les conditions de participation aux bénéfices) ont un coût qui ne peut être défini qu'à posteriori.

Le gain ou la perte générée par un contrat n'est donc pas connu au moment de la vente du produit d'assurance. Il est alors important de simuler l'évolution du contrat pour définir les gains et pertes qui se réaliseront.

Notre étude se basera sur des contrats de type épargne, avec des caractéristiques bien définies. Nous utiliserons les indicateurs présentés ci-dessous, qui nous permettront d'avoir une vision prospective sur l'évolution des gains ou pertes générés par les contrats. Les calculs et hypothèses à prendre en considération seront présentés ultérieurement dans ce rapport.

Une étude de rentabilité passe par l'établissement des résultats futurs probables du portefeuille. Une projection des comptes de résultat tout au long de la durée de vie de l'engagement sera le pilier de notre étude.

1.1. Strain :

Correspond aux charges du lancement du produit lors de la première année de commercialisation

1.2. Present Value of Future Benefits: PVFB

La Present Value of Future Benefits est la valeur actuelle des profits (ou pertes) probables futurs, nets d'impôts, distribuables aux actionnaires, générés par le portefeuille de contrats en cours. La PVFB permet de capturer la rentabilité d'une compagnie d'assurance vie de manière prospective

La PVFB est calculée comme suit :

$$PVFB = \sum_{t=1}^n \frac{\text{Résultat } (t)}{(1 + \tau)^t}$$

Avec Résultat(t) est le résultat de la compagnie à l'année t net d'impôts, qui peut être déduit du compte de résultat de la compagnie.

Ainsi, il est nécessaire de projeter les flux relatifs aux différents postes tout au long de la durée des contrats afin de pouvoir déterminer les résultats de la compagnie pour chaque année, et par la suite déterminer la somme actualisée de ces flux futurs.

La PVFB donne donc la valeur actuelle du portefeuille de la compagnie.

Compte de résultat :

Le **compte de résultat** contient l'ensemble des charges et des produits de l'exercice comptable et permet d'apprécier la performance de l'entreprise sur cette période, qui est caractérisée par le montant du résultat net (bénéfice ou perte).

Contrairement au bilan comptable, représentant le patrimoine constitué par l'entreprise depuis sa création, le compte de résultat est la synthèse d'un seul exercice comptable.

En projetant le compte de résultat, il nous sera possible de terminer les flux futurs pour le calcul de la PVFB. Les différents postes du compte résultat sont :

- **a-Marge technique Brute**= Primes pures - Charges de sinistres + Intérêts crédités
- **b-Résultat sur garantie décès**= Primes décès + Intérêt alloués à la couverture décès - Capital décès
- **c-Résultat sur frais d'acquisition**= Chargement d'acquisition-commissions d'acquisition
- **d-Résultat sur frais de gestion**= Chargement de gestion - Commissions sur gestion - Coût de gestion
- **e-Résultat financier net des IC**= Produits financiers - charges de placement - Intérêts crédités
- **f- Participation aux bénéfices**

Ainsi nous obtenons le résultat brut d'impôts, après calcul des différents postes du compte de résultat par la formule :

$$\text{Résultat Brut} = a + b + c + d + e - f$$

Participation aux bénéfices :

On peut distinguer entre deux types de PB :

- PB contractuelle : c'est l'engagement de l'assureur de verser au minimum 70%, selon la réglementation en vigueur au Maroc, de la somme des résultats techniques et financiers. L'assureur peut aussi s'engager de verser au-delà du pourcentage minimum.

- PB discrétionnaire : C'est une PB donnée par l'assureur en sus de la PB contractuelle. Le but d'une telle PB est d'attirer plus de clients et d'avoir une meilleure position sur le marché. Dans le cadre de notre étude, cette PB ne sera pas prise en compte.

Le code des assurances au Maroc exige que les compagnies d'assurances et de réassureurs remettent à l'autorité de contrôle un état appelé « ETAT D19 » qui a pour but d'explicitier le calcul de la participation aux bénéfices :

Ci-dessous est présenté l'ETAT D19 :

Société : ETAT D19
 PARTICIPATION DES ASSURES AUX BENEFICES
 (en milliers de dirhams)
 Exercice

D19- TABLEAU I - DETERMINATION DU RESULTAT TECHNIQUE

	LIBELLE	Types de contrats (1)	Total
1	PRIMES EMISES (7011)		
2	PRODUITS TECHNIQUES D'EXPLOITATION (71841, 7188 et 719)		
3	PRESTATIONS ET FRAIS (3)		
	Sinistres (60111) Capitaux (60112) Arrérages (60113) Rachats (60114) Participations des assurés aux bénéfices (60115) Frais accessoires (60116) Variation des provisions pour sinistres à payer (6021) Variation des provisions mathématiques (6031, 6032 et 6060) Variation des provisions des participations des assurés aux bénéfices (6071) Variation des autres provisions techniques (6081)		
4	CHARGES TECHNIQUES D'EXPLOITATION		
	Charges d'acquisition (6111) Autres charges techniques d'exploitation (612, 613, 614, 616, 617, 618 et 619)		
5	CHARGES TECHNIQUES D'EXPLOITATION A DEDUIRE (4)		
6	INTERETS CREDITES AUX PROVISIONS MATHEMATiques (60317)		
	RÉSULTAT TECHNIQUE VIE BRUT DE CESSIONS (1 + 2 - 3 - 5 + 6)		

Figure 7: Résultat technique ETAT D19

D19 - TABLEAU III - DETERMINATION DU RESULTAT FINANCIER

LIBELLE		montants	Types de contrats (1)	Autres contrats
1	PRODUITS DES PLACEMENTS AFFECTES AUX OPERATIONS D'ASSURANCE VIE (73)			
	- Revenus des placements (732) - Produits des différences sur prix de remboursement à percevoir (734) - Profits sur réalisation de placements (735) - Intérêts et autres produits de placements (738) - Profits provenant de la réévaluation des placements affectés aux opérations d'assurances (737) - Reprises sur la provision de capitalisation (7395)			
2	CHARGES DES PLACEMENTS AFFECTES AUX OPERATIONS D'ASSURANCE VIE (63)			
	- Frais de gestion des placements (632) - Amortissements des différences sur prix de remboursement (634) - Pertes sur réalisation de placements (635) - Charges d'intérêts et autres charges de placements (631et 638) - Pertes provenant de la réévaluation des placements affectés aux opérations d'assurances (637) - Dotations à la provision de capitalisation (6395)			
RESULTAT FINANCIER (1 - 2)				

Figure 8: Résultat financier ETAT D19

D19 - TABLEAU IV - MONTANTS DE LA PARTICIPATION DES ASSURES AUX BENEFICES

	LIBELLE	Types de contrats (1)	TOTAL
1	Résultat global : (résultat technique + résultat financier)		
2	Intérêts crédités aux provisions mathématiques (60317)		
3	Complément d'intérêts garantis (5)		
4	Résultat à répartir (1 – 2 – 3)		
5	Montant à attribuer (6)		

Figure 9: Montant de la PB ETAT D19

1.3. Cost of Capital (CoC)

Le CoC est le coût de la détention de l'exigence en capital pour satisfaire les contraintes réglementaires de solvabilité.

La réglementation impose aux assureurs de détenir un montant minimum de fonds propres, à immobiliser par les actionnaires. Il est nécessaire de prendre en compte le coût généré pour l'assureur par la mise à disposition du capital requis pour exercer son activité : il correspond à un manque de gain vu que le montant du capital réglementaire aurait pu être rémunéré par le taux de rendement des actifs généralement supérieur au taux sans risque. Le CoC représente donc le coût d'immobilisation des fonds propres nécessaires à l'activité.

Pour parvenir à la formule de calcul du CoC, il est nécessaire de dégager les flux générés par l'immobilisation des fonds propres réglementaires :

- Les fonds propres (immobilisés en t-1) génèrent à l'année t des produits financiers comme suit :

$$\text{Produits financiers } (t) = FP(t - 1) * TRA(t)$$

- L'actionnaire récupère à la fin de l'année t les fonds propres immobilisés pour le compte de l'année t-1, ainsi que le rendement généré par ces fonds propres, net d'impôts. Aussi, l'actionnaire injecte les fonds propres requis pour l'année t.

Au final, le coût pour l'assureur pour chaque année :

$$FP(t) - FP(t - 1) - FP(t - 1) * TRA(t) * (1 - IS)$$

En sommant les flux actualisés, Le CoC peut être calculé via les deux formules suivantes, formules équivalentes et qui donnent le même résultat :

Approche 1 :

$$CoC = \sum_{t=1}^N \frac{FP_{t-1}(\tau_t - TR_t * (1 - Impots))}{(1 + \tau_t)^t}$$

Approche 2 :

$$CoC = FP_{initial} + \sum_{t=1}^N \frac{FP_t - FP_{t-1} - FP_{t-1} * TR_t * (1 - Impots)}{(1 + \tau_t)^t}$$

Avec :

FP_t : Fonds propres de l'année t

Impots : Taux d'impôts sur la société

Ces fonds propres sont calculés en pourcentage (minimum 130%) de la marge de solvabilité réglementaire. Cette marge correspond, dans le cadre de la réglementation marocaine, à 5% des provisions mathématiques.

1.4. Time Value of Options and Guarantees: (TVOG)

La valeur d'une option correspond au gain réalisé si elle est exercée aujourd'hui. Dans notre cas, la PVFP est calculée en équivalent certain, le risque financier est neutralisé. La valeur temps des options et garanties financières est donc **nulle**.

1.5. Cost of non-Hedgeable Risks

Correspond aux coûts des risques non répliquables. Dans notre cas sa valeur est nulle

2. New Business Value (NBV) :

New Business Value fait référence aux affaires nouvelles de l'entreprise (New Business). Elle reflète la valeur des affaires nouvelles, c'est-à-dire les profits que généreront les nouveaux contrats.

Donc, la NBV est un indicateur qui permet de mesurer la capacité de la compagnie à créer de la valeur. NBV peut être calculée via la formule suivante :

$$NBV = VIF + Strain = Strain + PVFP - CoC - TVOG - CNRH$$

Avec **VIF** : Value of Inforce qui correspond à la valeur actuelle des résultats futurs distribuables à l'actionnaire générés par le portefeuille. Elle représente la richesse future qui sera générée par les contrats présents dans le portefeuille.

Pour son calcul ,elle pourra être décomposée en :

- **PVFP**= Present Value of Future Profits : Valeur actuelle des résultats statutaires nets d'impôts
- **CoC**= Cost of capital qui n'est autre que le coût que représente la mobilisation d'un montant égal au capital réglementaire
- **TVOG**= Time value of options and guarantees : Coût des options et garanties cachées dans le contrat
- **CNRH**= Cost of non-Hedgeable Risks

3. Internal return rate: (IRR)

L'IRR est le taux d'actualisation qui égalise la somme actualisée espérée des encaissements et des décaissements.

L'IRR est de sorte que

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0$$

L'IRR peut être perçu comme le taux de rendement d'un portefeuille de contrats, c'est le taux qui rend la valeur de la NBV nulle. Il permet de comparer différents produits tout en tenant en compte leur durée de vie.

Pour effectuer le calcul des indicateurs cités ci-dessus. Il est nécessaire de suivre l'évolution de ces contrats afin de pouvoir identifier les différents flux. De plus, et afin d'avoir des résultats les plus précis possibles :

- La projection se fait en Run-Off, c'est-à-dire que nous ne prendrons pas en considération de nouvelles affaires.
- Nous supposons que nous évoluons dans un scénario déterministe « Real World »

Dans le cadre général, l'Internal Return Rate (IRR) est un taux d'actualisation annulant la valeur actuelle nette d'une série de flux financiers (en général relatifs à un projet avec un investissement initial suivi de flux de trésorerie. L'IRR représente le taux

d'intérêt égalisant la somme actualisée espérée des décaissements et celle des encaissements.

En assurance, l'actionnaire investit du capital à t=0 et attend en retour un revenu tout au long de l'investissement, avant de récupérer son capital.

L'actionnaire injecte ensuite le capital réglementaire requis pour l'année t.

Ainsi le flux entre l'actionnaire et la compagnie s'écrit :

$$Flux = RB(t) * (1 - Impôts) + FP(t - 1) * TRA(t) * (1 - impots) + FP(t - 1) - FP(t) - Strain$$

Ainsi le IRR est le taux qui vérifie :

$$\sum_{t=1}^N \frac{RB(t)*(1-Impôts)+FP(t-1)*TRA(t)*(1-impots)+FP(t-1)-FP(t)}{(1+IRR)^t} - Strain = 0$$

Au final, le IRR est le taux qui annule la NBV

Les besoins en capital réglementaire varient tous les ans avec les engagements contractés. En étant en hypothèse « Run Off » (pas de nouvelles affaires), les engagements tenus par l'assureur diminuent ce qui conduit à une diminution du capital réglementaire au fur et à mesure.

Remarque :

L'IRR mesure la rentabilité sur une branche, un produit, ou tout le portefeuille d'une société. C'est un indicateur efficace qui permet de comparer des produits ou des sociétés en mettant à part leurs spécificités et caractéristiques

III.La réforme solvabilité II :

Le cycle inverse de l'assurance fait que les assureurs n'ont pas connaissance des flux futurs (pertes ou gains) générés par les clauses et garanties des contrats souscrits. C'est dans cette optique que l'assureur doit continuellement, pendant la durée d'évolution du contrat, disposer des fonds nécessaires pour faire face à ses engagements futurs- de court moyen ou long terme- que ça soit envers les assurés ou les créanciers. C'est ainsi qu'est défini la solvabilité : la capacité de tenir ses engagements envers les assurés ou les créanciers.

Dans un souci de bonne gestion des risques, une réformation du cadre réglementaire de l'assurance s'avère nécessaire. Afin d'assurer le respect des engagements des assureurs, Solvabilité, I et II, proposent des approches de calcul des provisions

techniques et du capital réglementaire. Dans ce qui suit, nous allons balayer les deux phases de la réglementation prudentielle, à savoir Solvabilité I et Solvabilité II.

1. De Solvabilité I à Solvabilité II :

Sous Solvabilité I, la compagnie d'assurance était tenue d'avoir des fonds propres au moins égales à sa marge de solvabilité réglementaire (MSR). Cette exigence de marge de solvabilité est évaluée en pourcentage des provisions techniques, et donc, sans refléter les différents risques encourus par l'assureur. De plus, l'exigence en marge de solvabilité pénalise les compagnies qui sur-provisionnent par rapport à celle qui sous-provisionnent.

C'est ainsi que la réforme Solvabilité II est venue pour répondre à la nécessité d'une meilleure adaptation des fonds propres exigés avec les risques encourus dans les activités d'assurance et de réassurance

Les objectifs principaux de la réforme Solvabilité II sont :

- Accroître l'intégration et l'harmonisation du marché communautaire d'assurance et réassurance au sein de l'Union Européenne.
- Renforcer l'efficacité des mécanismes de protection des preneurs d'assurance et autres bénéficiaires et quantifier ce niveau de protection
- Rehausser la compétitivité internationale des assureurs et réassureurs de l'Union Européenne.

2. La réforme Solvabilité II

La réforme Solvabilité II est constituée de trois piliers respectant chacun des exigences bien définies.

2.1. Pilier I

Le pilier I se rapporte aux exigences quantitatives de la réforme. Ces exigences se portent essentiellement sur trois niveaux :

- La valorisation et le calcul des provisions techniques
- L'exigence de capital calculée sur deux niveaux le SCR et le MCR
- La définition et les règles d'éligibilité des éléments de capital

Le **MCR** (Minimum Capital Requirement) représente le niveau des fonds propres minimal en dessous duquel l'intervention de l'autorité de contrôle est automatique.

Le **SCR** (Solvency Capital Requirement) est un indicateur basé sur l'exposition aux risques des compagnies d'assurance. Il prend en compte tous les risques liés à l'activité de la compagnie. Son calcul repose sur une formule standard ou sur l'utilisation d'un modèle interne total ou partiel propre à la compagnie d'assurance.

Sous Solvabilité II, le bilan d'une compagnie d'assurance est le suivant :

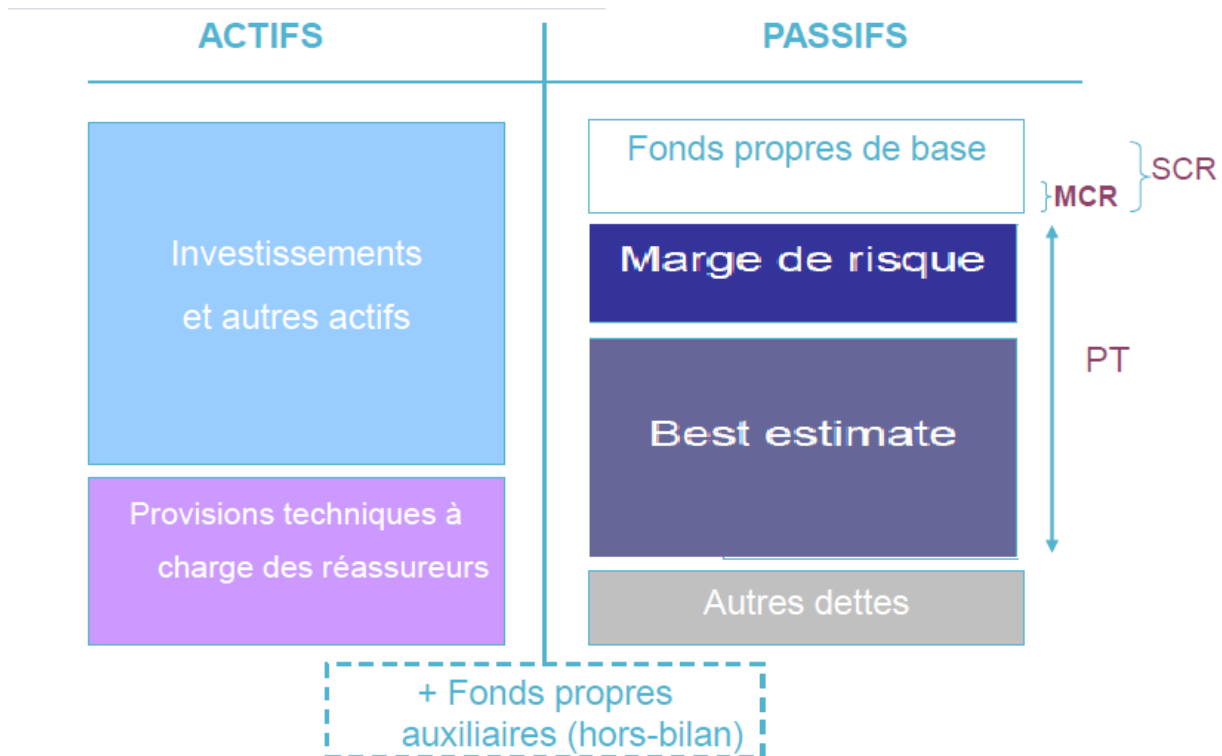


Figure 10: Bilan d'une compagnie d'assurance sous Solvabilité II

2.2. Pilier II :

Le deuxième pilier a pour but de fixer les normes qualitatives. Ces normes concernent le processus de suivi des risques des compagnies, la gouvernance, le Risk-management ainsi que la mise en place du processus de surveillance par les autorités de contrôle. Avec le pilier2 les entreprises sont incitées à identifier leur exposition face aux différents types de risque et à connaître leur capacité à les gérer. Elles doivent pouvoir contrôler en interne le suivi de leurs risques. Pour se faire Solvabilité II introduit le processus d'évaluation des risques ORSA (Own Risk and Solvency Assessment). L'ORSA est un processus complet qui permet de suivre en continu le besoin en capital d'une entreprise en fonction de sa stratégie commerciale notamment. L'ORSA est un outil de gestion de risques et une source d'information pour les autorités de contrôle. Le rôle de l'ORSA est de faire en sorte que les entreprises ne se limitent pas aux calculs réglementaires mais qu'elles aillent plus loin dans le processus de gestion de leurs risques.

2.3. Pilier III :

Ce pilier concerne les informations qui doivent être publiées aux différents acteurs. Ces informations, qui comprennent des éléments quantitatifs et qualitatifs, permettent d’apprécier la gouvernance mise en place par la compagnie de la part des actionnaires et de l’autorité de contrôle. Pour cela de nombreux reportings sont prévus :

- RSR (Regular Supervisor Report) : édité annuellement, il permet à l’autorité de contrôle d’apprécier la solvabilité de la compagnie ;
- SFCR (Solvency and financial Condition Report) : Publié annuellement dans le but d’informer les analystes du marché et les actionnaires.

3. Solvabilité au Maroc :

Les mesures de solvabilité du système marocain sont quasi-semblables à celles de la directive Solvabilité I :

Tableau 1:Comparatif entre Solvabilité I et le système marocain

Mesures	Système marocain	Solvabilité I
Marge de solvabilité activité vie	Méthode de type fixed-ratio Ratio de référence : 5%	Méthode de type fixed-ratio Ratio de référence : 4%
Marge de solvabilité activité non vie	Le montant minimum de la marge de solvabilité est égal au plus élevé des résultats obtenus par application de deux méthodes, basées sur des facteurs représentatifs du risque : <ul style="list-style-type: none"> • Les primes • Les sinistres • Les provisions (PSAP & PPN) Application directe du ratio sur le facteur représentatif du risque	Le montant minimum de la marge de solvabilité est égal au plus élevé des résultats obtenus par application de deux méthodes, basées sur des facteurs représentatifs du risque : <ul style="list-style-type: none"> • Les primes • Les sinistres Principe de ventilation du facteur représentatif du risque par « tranches » et distinction des ratios appliqués qui suivent ces « tranches »

Cependant, un nouveau projet de loi, à savoir le projet de loi n° 059-13 modifiant et complétant la loi n° 17-99 portant code des assurances, prévoit l’introduction du régime de solvabilité basé sur les risques. Il s’agit d’un modèle prudentiel qui intègre la totalité des risques encourus par une compagnie d’assurances dans l’évaluation des fonds propres à immobiliser. Les modèles actuariels de ce régime permettent également une évaluation différentielle de la rentabilité à travers le rapport résultat net sur fonds immobilisés. Ce nouveau système se rapprochera des exigences quantitatives et qualitatives de Solvabilité II.

4. Spécifications techniques :

Pour une meilleure application de la réforme Solvabilité II, l’EIOPA a mené des études sur l’impact quantitatif (Quantitative Impact Studies- QIS) de l’introduction de Solvabilité II et sur la capacité des assureurs à s’y conformer. Chaque étude menée est accompagnée des spécifications techniques. Les spécifications techniques, précisées par l’EIOPA, contiennent les instructions et méthodes de calcul pour permettre aux

compagnies d'appliquer Solvabilité II. Ces spécifications sont la base de l'application de Solvabilité II.

Dans ce qui suit, nous nous concentrerons sur les spécifications techniques qui concernent la branche assurance vie.

Les exigences quantitatives du pilier 1 reposent sur une approche économique appliquée à l'ensemble du bilan. Trois sections principales sont exposées dans la directive cadre :

- Les provisions techniques (Best Estimate et Marge de Risque)
- Les exigences de solvabilité (SCR et MCR)
- Fonds propres

Solvabilité II nécessite une nouvelle appréhension des risques, et son application nécessite de préparer un bilan distinct des comptes sociaux, avec une vision économique du bilan. La ruine correspond au point où les Passifs excèdent les Actifs. De plus, le niveau de capital nécessaire traduit une probabilité de ruine cible, fonction de la mesure de risque (VaR), du niveau de confiance (99,5%) et de l'horizon temporel (1 an).

Le projet Solvabilité II impose aux assureurs une évaluation de leurs actifs et de leurs passifs à la valeur de marché appelé également la « fair value » ou « juste valeur » afin d'appliquer une approche conforme aux réglementations fondées sur la réalité économique et financière. Cependant, il est nécessaire de faire une différenciation importante entre les actifs et les passifs pour calculer leurs valeurs de marché.

En effet, la valeur de marché d'un actif est le montant auquel cet actif pourrait être vendu ou acheté dans une transaction actuelle sur un marché suffisamment actif, liquide et transparent. Pour la plupart des actifs d'une compagnie, composés généralement d'actions, d'obligations et d'immobiliers, il existe un tel marché pour effectuer ces transactions. Il n'est donc pas difficile, à priori, de calculer cette valeur de marché pour la grande majorité des actifs d'une compagnie d'assurance.

A contrario pour le passif, constitué essentiellement par les provisions techniques, une évaluation à leur valeur de marché est plus problématique étant donné qu'il n'existe pas de marché comme pour les actifs.

Il est donc nécessaire d'utiliser des méthodes alternatives qui soient cohérentes avec l'ensemble des informations disponibles sur le marché. Pour ce faire, il faut distinguer deux situations dans la valorisation des provisions techniques selon que le risque soit hedgeable ou non.

4.1. Les Provisions Techniques

Les provisions techniques doivent permettre à l'entreprise d'honorer ses obligations envers les assurés et les bénéficiaires. Les provisions techniques ne sont plus évaluées selon le principe de prudence comme dans Solvabilité I mais elles sont

dorénavant évaluées au montant auxquelles elles pourraient être transférées ou réglées entre des parties informées et consentantes dans des conditions de concurrence normales. Elles doivent être calculées au plus juste, même en cas de fortes incertitudes sur la réalisation du risque.

Le calcul des provisions techniques doit distinguer les risques répliquables et non répliquables. Un risque est considéré comme hedgeable, ou répliquable, s'il peut être parfaitement répliqué en utilisant des instruments financiers pour lesquels une valeur de marché est directement observable sur un marché profond, liquide et transparent. Ainsi, la juste valeur d'un risque hedgeable correspond au cours observé sur le marché, soit une valorisation « market to market ». Les passifs non hedgeable, ou non répliquables, correspondent aux passifs pour lesquels aucune valeur de marché n'existe. Dans ce cas, la valeur économique Market-Consistent est définie comme étant la somme d'une provision Best Estimate et d'une Marge de Risque (Risk Margin). La plupart des risques portés par les assureurs sont non répliquables.

Best Estimate

Le Best Estimate constitue une estimation au plus juste des engagements des assurés et de l'assureur. Le Best Estimate est défini comme la moyenne pondérée par leur probabilité de survenance des flux de trésorerie futurs, en tenant compte de toutes les entrées et sorties de trésorerie nécessaires pour régler les engagements jusqu'au terme de tous les contrats en portefeuille.

Son calcul est fondé sur une approche économique prospective, des informations actuelles crédibles et des hypothèses réalistes. Une telle modélisation fait appel à des méthodes actuarielles et des techniques statistiques adéquates. Elle doit tenir compte de toutes les entrées et sorties de capital relatives aux engagements de l'assureur et des assurés, jusqu'à l'échéance de tous les contrats ouverts.

i. Hypothèses de calcul

Le QIS5 impose les hypothèses suivantes pour le calcul du Best Estimate :

- L'horizon : les projections doivent couvrir la durée de vie complète de tous les flux émanant des engagements de l'assureur ;
- L'actualisation : les flux sont actualisés au taux d'actualisation sans risque fourni par la courbe des taux du CEIOPS. Ces taux doivent incorporer la prime d'illiquidité propre aux spécificités du contrat d'assurance considéré ;
- Les frais : il est nécessaire de prendre en compte les frais futurs de gestion ;
- La réassurance : les provisions Best Estimate sont calculées brutes de réassurance ;
- Les primes : une des nouveautés du QIS5 consiste à prendre en compte les primes futures uniquement lorsque l'assureur n'a pas la possibilité unilatérale de les refuser ;

- L'hypothèse de « run-off » : le calcul ne doit pas prendre en compte de nouvelle souscription.

Le Best Estimate est donc égal à la valeur actuelle probable des cash flows futurs nécessaires pour honorer les engagements sur toute la durée de vie du portefeuille.

ii. Courbe des taux et prime d'illiquidité

Dans le QIS5, une recommandation est faite sur l'intégration de la prime de liquidité dans la courbe d'actualisation. La prime de liquidité est liée à la différence de rendements entre les actifs liquides et illiquides et doit traduire la capacité de l'assureur à investir dans des actifs moins liquides et donc plus risqués. Cette prime de liquidité dépend du type de passif d'assurance considéré :

- 100% pour les passifs d'assurance pour lesquels les seuls risques sont longévité et le risque de dépense, l'assureur n'a aucun risque lié au rachat et l'ensemble des primes a déjà été versé. Il s'agit notamment des rentes viagères.
- 75% pour les autres passifs d'assurance avec participation aux bénéficiaires. Il s'agit notamment des contrats en assurance vie.
- 50% pour les autres passifs d'assurance

La Marge de risque

La marge de risque est une composante des provisions techniques destinée à garantir que leur valeur est équivalente au montant dont les entreprises d'assurance et de réassurance auraient besoin pour reprendre et honorer les engagements d'assurance et de réassurance.

La marge de risque doit être calculée en déterminant le coût que représente la mobilisation d'un montant de fonds propres éligibles égal au SCR nécessaire pour honorer les engagements d'assurance et de réassurance sur leur durée de vie. Le taux appliqué dans la détermination du coût de mobilisation de ce montant de fonds propres éligibles est appelé taux de coût du capital.

Calcul de la marge de risque :

Selon le QIS 5, la marge de risque est calculée selon la méthode du coût du capital (CoCM) qui estime le coût pour l'entreprise de l'immobilisation d'un montant égal au SCR :

$$CoCM = 6\% * \sum_{t \geq 0} \frac{SCR_{RU}(t)}{(1 + r_{t+1})^{t+1}}$$

Les risques pris en compte par les SCR futurs pour le calcul de la marge de risque sont restreints :

- Le risque de souscription relatif à l'activité transférée (non vie, vie et santé),

- Le risque opérationnel,
- Le risque de marché inévitable,
- Le risque de contrepartie, relatif aux cessions de réassurance uniquement,
- L'ajustement au titre de la capacité d'absorption des pertes de la participation aux bénéfices.

Une projection de tous les SCR futurs est nécessaire pour le calcul de la marge de risque. Les spécifications techniques du QIS 5 établissent une hiérarchie des simplifications possibles.

Simplifications de Niveau 3

Les simplifications de niveau 3 considèrent que les SCR futurs sont proportionnels au Best Estimate des provisions techniques de l'année concernée. Le coefficient multiplicateur correspond au ratio de la valeur actuelle du SCR et du Best Estimate des provisions techniques. Cette méthode suppose que la contribution de chaque risque au SCR est constante dans le temps.

$$SCR_{RU}(t) = \frac{SCR_{RU}(0)}{BE_{net}(0)} * BE_{net}(t)$$

Où :

$BE_{net}(0)$ est le Best Estimate net de réassurance à la date d'évaluation, et $BE_{net}(t)$ à la date t.

Simplification de niveau 4

La simplification 4 consiste en une approximation de l'ensemble des SCR futurs. Elle utilise pour cela le calcul de la durée modifiée. La marge de risque se calcule de la manière suivante :

$$CoCM = \frac{6\%}{1+r} * Dur_{mod}(0) * SCR_{RU}(0)$$

Où : $Dur_{mod}(0)$ est la durée modifiée en 0, et r est le taux sans risque pour la maturité 1.

Pour calculer la durée modifiée, il faut d'abord calculer la durée. La durée du passif est la mesure de la durée moyenne d'attente des versements des flux :

$$Dur(0) = \frac{\sum_{t=1}^N t * Flux_t * \frac{1}{(1+r_t)^t}}{\sum_{t=1}^N Flux_t * \frac{1}{(1+r_t)^t}}$$

Où :

- $Flux_t$ est le montant probable des prestations pour l'année t
- r_t est le taux sans risque de maturité t
- $Dur(0)$ est la durée du passif à la date d'évolution (en 0)
- N est l'horizon de projection.

La durée modifiée est égale à :

$$Dur_{mod}(0) = \frac{Dur(0)}{1+r_a}$$

Où r_a est le taux actuariel

4.2. Les capitaux requis

4.2.1. Minimum Capital Requirement (MCR)

Le MCR est le minimum de capital requis en dessous duquel l'intervention de l'autorité de contrôle est automatique. Le MCR doit être compris entre 25% et 45% du SCR.

4.2.2. Solvency Capital Requirement (SCR)

Le SCR est le capital réglementaire requis sous Solvabilité II. Il correspond au niveau des fonds propres nécessaire pour absorber des pertes importantes imprévues. Les paramètres et hypothèses entrant dans le calcul du SCR sont calibrés de manière à représenter la Value at Risk (VaR) à un horizon temporel d'un an avec un niveau de confiance de 99,5%. Le SCR doit couvrir une probabilité de ruine de 0,5% sur un horizon d'un an ce qui correspond à une faillite tous les 200 ans. Le QIS5 donne le choix aux entreprises de calculer le SCR suivant un modèle standard ou interne. Dans le cas d'un modèle interne l'entreprise prépare elle seule son propre modèle pour certains risques tout en suivant les recommandations du QIS5 pour les modèles internes. Les résultats obtenus du modèle interne doivent ensuite être agrégés avec ceux calculés par la formule standard afin de déterminer le SCR. Pour ce projet nous appliquerons uniquement la formule standard.

i. Structure générale du SCR selon la formule standard du QIS5

Le calcul du SCR sous la formule standard est décomposé en plusieurs modules de risque comportant eux-mêmes différents sous-modules. La valeur du SCR est déterminée à partir des valeurs générées par chaque sous module. Les modules qui composent le SCR de base sont : les modules risque de marché, risque santé, risque de défaut de la contrepartie, risque de souscription vie, risque de souscription non-vie et le module de risque pour les actifs intangibles.

La formule de calcul du SCR est la suivante :

$$SCR = BSCR - Adj + SCR_{op}$$

Avec :

BSCR : Capital de solvabilité requis de base (Basic Solvency Capital Requirement)

Adj : Ajustement dus aux effets d'absorption des provisions techniques

SCRop : Capital de solvabilité généré par le risque opérationnel

1. Basic Solvency Capital requirement

Le BSCR correspond à la valeur du Capital généré par chaque module de risque sans intégrer le risque opérationnel et les ajustements dus aux effets d'absorption.

Le BSCR se calcule de la manière suivante :

$$BSCR = \sqrt{\sum_{ij} Corr_{ij} * SCR_i * SCR_j}$$

Avec :

SCR_i : Capital généré par le module de risque i

Corr_{ij} : Coefficient de corrélation entre les modules de risque i et j

Les coefficients de corrélation sont donnés par la matrice suivante :

Tableau 2: Marice de corrélation entre les modules de risque

i \ j	Market	Default	Life	Health	Non Life
Market	1				
Default	0,25	1			
Life	0,25	0,25	1		
Health	0,25	0,25	0,25	1	
Non Life	0,25	0,5	0	0	1

Pour notre travail nous n'utiliserons que les modules du risque de souscription vie et du risque de marché. Les autres modules ne sont pas concernés par notre travail

1.1. Le SCR résultant du risque de souscription vie.

Le risque de souscription vie provient des engagements d'assurance vie mais pas seulement. Tout engagement relevant de l'activité non-vie mais dont les méthodes de calcul se fondent sur l'assurance vie comme une rente provenant d'un contrat d'assurance non-vie qui ne serait à l'assurance santé dans le module de souscription vie. Le risque de souscription vie résulte par exemple d'une tarification insuffisante lors de la souscription. Il est composé des sous modules suivantes : mortalité, longévité incapacité invalidité, rachat, dépenses, révision, catastrophe.

Pour obtenir le capital de Solvabilité requis au titre du risque de souscription vie, il faut agréger les capitaux requis de ses sous-modules de la manière suivante :

$$SCR_{life} = \sqrt{Corr_{life\ r,c} * SCR_{life,r} * SCR_{life,c}}$$

Avec :

$Corr_{life\ r,c}$: Coefficient de corrélation entre les sous modules de risque r et c

$SCR_{life\ r}$: Capital généré par le sous module de risque r

On donne la matrice de corrélation entre les sous modules de la souscription vie comme suit :

Tableau 3: Matrice de corrélation des sous-risques souscription vie

	Mortalité	Longévité	Invalidité	Rachat	Dépenses	Révision	Catastrophe
Mortalité	1						
Longévité	-0.25	1					
Invalidité	0.25	0	1				
Rachat	0	0.25	0	1			
Dépenses	0.25	0.25	0.5	0.5	1		
Révision	0	0.25	0	0	0.5	1	
Catastrophe	0.25	0	0.25	0.25	0.25	0	1

➤ **Risque de mortalité :**

Le risque de mortalité est associé avec les engagements où les entreprises qui garantissent le paiement d'un montant en cas de survenance du décès pendant la période contractuelle. C'est un risque de perte ou de détérioration de la valeur des engagements de l'entreprise dû à une augmentation des taux de mortalité.

Le capital réglementaire pour le risque de mortalité est défini comme la variation de la NAV (Net Asset Value) après la hausse des taux de mortalité.

$$SCR_{life_{mort}} = \max(\Delta NAV_{choc\ mortalité}, 0)$$

Selon le QIS 5, le choc de mortalité à appliquer est de **15%**

➤ **Risque de longévité**

Le risque de longévité est associé aux engagements d'assurance dont l'entreprise garantit de payer des séries de montant jusqu'au décès de l'assuré. La diminution des taux de mortalité entraîne pour l'assureur une augmentation des provisions techniques allouées aux contrats.

Le capital réglementaire pour le risque de longévité doit être défini comme la variation de la NAV après un choc à la baisse des taux de mortalité.

$$SCR_{life_{long}} = \max(\Delta NAV_{choc\ longévité}, 0)$$

Selon le QIS 5 le choc à appliquer pour le risque de longévité est **une baisse de 20%** des taux de mortalité.

➤ **Risque d'invalidité :**

Le risque d'incapacité ou d'invalidité est le risque de perte, ou de changements défavorables de la valeur des engagements d'assurance résultant des changements au niveau de l'évolution des taux d'incapacité et d'invalidité.

Le QIS5 spécifie que le capital réglementaire pour le risque d'invalidité/incapacité doit être défini comme la variation de la NAV après une augmentation de 35% des taux d'entrée en invalidité et en incapacité de la première année et 25% des taux de maintien les années suivantes ainsi qu'une diminution de 20% des taux de sortie d'invalidité.

➤ **Risque de rachat :**

Le risque de rachat est le risque de perte ou de changements dans le passif en raison d'un changement des taux servis.

Le QIS5 spécifie que la charge en capital relative au risque de rachat est obtenue en calculant la variation de la NAV après l'application des chocs à la hausse et à la baisse sur les taux de rachats. Le capital généré par le risque rachat est déterminé de la manière suivante :

$$SCR_{life_{rachat}} = \max(\Delta NAV_{choc\ rachat\ up}, \Delta NAV_{choc\ rachat\ down}, \Delta NAV_{choc\ rachat\ massif} 0)$$

Si R est le taux rachat avant les chocs, le QIS 5 précise les chocs à appliquer comme suit :

- Choc à la baisse : **Max (50%*R ; R-20%)**
- Choc à la hausse : **Min (150% R ; 100%)**
- Rachat massif : **30%**

➤ **Risque de dépenses :**

Le risque de dépenses est dû à une augmentation des frais de gestion des contrats d'assurance. Le capital requis pour le risque de dépenses correspond à la variation de la NAV suite à une augmentation de 10% des dépenses futures par rapport aux anticipations du Best Estimate et à une augmentation de 1% par an du taux d'inflation des dépenses par rapport aux anticipations.

$$SCR_{life_{expenses}} = \max(\Delta NAV_{choc\ expenses}, 0)$$

Selon QIS5, les chocs à appliquer pour le risque dépenses sont,

- **Augmentation des dépenses futures : 10%**
- **Augmentation du taux d'inflation : 1%**

➤ **Risque de révision**

Le risque de révision représente le risque d'une variation du montant d'une rente du fait d'une révision imprévue de la sinistralité. Ce module de risque ne concerne que les rentes de l'activité non-vie qui sont affiliées au module de souscription vie. Le capital requis du risque de révision correspond à la variation de la

NAV suite à une augmentation de 3% du montant annuel à payer pour les rentes exposées au risque de révision.

$$SCR_{life_{rev}} = \max(\Delta NAV_{choc_{rev}}, 0)$$

➤ **Risque de catastrophe**

Le risque de catastrophe en assurance vie prend en compte les événements extrêmes ou irréguliers qui ne sont pas suffisamment pris en compte dans les autres sous modules de souscription vie. Il concerne tous les contrats proposant une garantie en cas de décès. Le capital requis pour le risque catastrophe correspond à la variation de la NAV après un choc à la hausse de 0,15% de la mortalité des assurés la première année.

$$SCR_{life_{cata}} = \max(\Delta NAV_{choc_{catastrophe}}, 0)$$

1.2. SCR résultant du Risque de marché

Le risque de marché résulte du niveau ou de la volatilité de la valeur de marché des instruments financiers. L'exposition au risque de marché est mesurée par l'impact de mouvements de variables financières telles que les cours des actions, les taux d'intérêt, les prix de l'immobilier et les taux de change. Le risque de marché est composé des sous modules suivants :

- Le risque de taux d'intérêt
- Le risque de spread
- Le risque immobilier
- Le risque action
- Le risque de change
- Le risque de concentration
- Le risque d'illiquidité

Le SCR marché est défini comme le maximum entre l'agrégation des sous-modules avec un choc de taux à la hausse et à la baisse.

$$SCR_{mkt} = \max(\sqrt{CorrMktUp_{r,c} * Mkt_{up,r} * Mkt_{up,c}}, \sqrt{CorrMktDown_{r,c} * Mkt_{down,r} * Mkt_{down,c}})$$

Les QIS5 défini ainsi deux matrices de corrélation au regard du choc appliqué.

Chapitre III :Exposé du problème

Tableau 4: Matrice de corrélation des sous-risques marché (Market up/ Market down)

Corr MktDWN	Mkt - int	Mkt - eq	Mkt - prop	Mkt - sp	Mkt - conc	Mkt - fx	Mkt - ill
Mkt - int	1						
Mkt - eq	0,5	1					
Mkt - prop	0,5	0,75	1				
Mkt - sp	0,5	0,75	0,5	1			
Mkt - conc	0	0	0	0	1		
Mkt - fx	0,25	0,25	0,25	0,25	0	1	
Mkt - ill	0	0	0	-0,5	0	0	1

Corr MktUP	Mkt - int	Mkt - eq	Mkt - prop	Mkt - sp	Mkt - conc	Mkt - fx	Mkt - ill
Mkt - int	1						
Mkt - eq	0	1					
Mkt - prop	0	0,75	1				
Mkt - sp	0	0,75	0,5	1			
Mkt - conc	0	0	0	0	1		
Mkt - fx	0,25	0,25	0,25	0,25	0	1	
Mkt - ill	0	0	0	-0,5	0	0	1

• Risque de taux d'intérêt

Le risque de taux d'intérêt existe pour tous les actifs et passifs dont la valeur d'actif nette est sensible aux variations de la structure par terme des taux d'intérêt ou à la volatilité des taux. Les actifs et passifs sensibles aux variations des taux d'intérêt sont les investissements en instruments à taux fixes, les passifs d'assurance ainsi que les instruments financiers et les dérivés de taux d'intérêt. Le capital requis du risque de taux d'intérêt correspond à la variation de la NAV après application de deux scénarios de choc sur les taux, un scénario haussier et un baissier.

$$Mkt_{int}^{up} = \Delta NAV_{up}$$

$$Mkt_{int}^{down} = \Delta NAV_{down}$$

➤ Risque action :

Le risque action résulte du niveau ou de la volatilité de la valeur de marché des actions. L'exposition au risque action concerne tous les actifs et passifs dont la valeur est sensible aux variations des cours de la bourse.

Pour calculer le SCR action, il faut faire une distinction entre deux catégories d'actions, les actions dites « globales » et les « autres ». Pour chaque type d'action le capital requis est obtenu suite à la variation de la NAV après l'application d'un choc spécifique.

$$Mkt_{action} = \max(\Delta NAV_{action}, 0)$$

Actions « globales » :

- Actions cotées dans les pays de l'Espace Economique Européen (EEE) et de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE)
- Application d'un choc de -30% comprenant un ajustement de -9%

« Autres » actions :

- Actions non cotées, actions cotées uniquement sur les marchés émergents, fonds spéculatifs et autres investissements
- Application d'un choc de -40% comprenant un ajustement de -9%

Les deux résultats obtenus sont ensuite agrégés avec une corrélation de 75%.

➤ **Risque immobilier**

Le risque immobilier résulte du niveau ou de la volatilité des prix de marché de l'immobilier. Le capital requis pour le risque immobilier est obtenu suite à une variation de la NAV après un choc à la baisse de 25% sur la valeur de l'immobilier.

$$Mkt_{imm} = \max(\Delta NAV_{immobilier}, 0)$$

➤ **Risque de change**

Le risque de change résulte du niveau ou de la volatilité des taux de change. Le capital requis pour le risque de change est obtenu suite à la variation de la NAV après application d'un choc haussier de 25% et d'un choc baissier de 25% de toutes les autres devises face à la devise locale (celle dans laquelle l'entreprise établit ses comptes).

$$Mkt_{change} = \max(\Delta NAV_{choc\ hausse\ des\ taux}, \Delta NAV_{choc\ baisse\ des\ taux}, 0)$$

➤ **Risque de spread**

Le risque de spread est la partie du risque inhérent aux instruments financiers qui résulte de la volatilité des spreads de crédit par rapport à la structure par terme des taux sans risque. Il représente la variation de valeur due à un mouvement de la courbe des rendements relativement à la structure par terme des taux sans risque.

Le chargement en capital au titre du risque de spread des obligations est calculé comme suit :

$$Mkt_{sp}^{bonds} = \Delta NAV_{choc\ de\ spread\ des\ obligations}$$

Le QIS5 propose une formule simplifiée pour le calcul du capital requis pour le risque de spread des obligations.

$$Mkt_{sp}^{bonds} = MV^{bonds} \cdot \sum_i \% MV^{bonds} \cdot F^{up}(rating_i) \cdot duration_i + \Delta Liab_{ul}$$

Avec :

- MV^{bonds} : Valeur de marché du portefeuille d'obligations
- $\%MV^{bonds}$: Proportion d'obligations de rating i dans le portefeuille
- F^{up} : Fonction de la catégorie de notation de l'exposition au risque de crédit.
- Rating i : Note externe de l'exposition au risque crédit
- $\Delta Liab_{ul}$: Impact global du scénario de choc côté passif.
- $duration\ i$: Duration modifiée de l'exposition au risque de crédit i

	F^{up}	Duration Floor	Duration Cap
AAA	0,9%	1	36
AA	1,1%	1	29
A	1,4%	1	23
BBB	2,5%	1	13
BB	4,5%	1	10
B or lower	7,5%	1	8
Unrated	3,0%	1	12

➤ **Risque de concentration :**

Le risque de concentration est lié à l'accumulation de positions auprès d'une même contrepartie. Par exemple si l'assureur détient une grande quantité de titre d'un même émetteur, en cas de défaillance cela peut causer des pertes importantes. Donc les concentrations de risques de marché présentent un risque supplémentaire pour un assureur en raison :

- De la volatilité supplémentaire inhérente aux portefeuilles d'actifs concentrés
- Le risque supplémentaire de perte de valeur permanente partielle ou totale résultant de la défaillance d'un émetteur

➤ **Risque d'illiquidité :**

Le risque d'illiquidité résulte de la difficulté à vendre ou à acheter un actif. Un actif est illiquide lorsqu'il est difficilement achetable ou vendable. Ce risque est pris en

compte lorsque la prime d'illiquidité est intégrée dans le calcul des provisions techniques. Le risque de liquidité concerne la baisse de la prime de liquidité, les effets de la hausse de la prime étant pris en considération dans le module du risque de spread.

Le chargement de capital pour le risque d'illiquidité est déterminé suite à la variation de la NAV après un choc de 65% à la baisse de la prime d'illiquidité.

$$Mkt_{ill} = \max(\Delta NAV_{choc\ illiquidité}, 0)$$

2. SCR opérationnel :

$$SCR_{op} = \min(30\% * BSCR; 0,0045 * PT)$$

Chapitre IV : Modélisation de l'actif et du passif

Chapitre IV : Modélisation de l'actif et du passif

I. Modélisation de l'actif :

Dans le cadre de notre études les différents paramètres ont été simulés de manière stochastique. On suppose que notre portefeuille d'actifs est composé d'obligations, d'actions, d'OPCVM et d'immobilier. Une allocation cible est à respecter durant la modélisation.

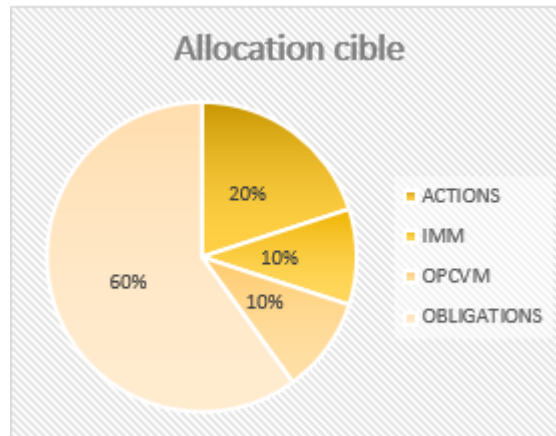


Figure 11: Allocation cible

1. Génération de variables aléatoires :¹

Pour la simulation de l'actif, nous aurons à générer des variables aléatoires gaussiennes. Parmi les méthodes utilisées, nous avons choisi d'utiliser la méthode de Box-Muller.

Méthode de Box Muller :

Soit U et V deux variable aléatoires indépendantes de loi uniforme sur [0,1]. On définit X et Y par :

$$X = \sqrt{-2\log(U)} * \sin(2\pi V)$$

$$Y = \sqrt{-2\log(U)} * \cos(2\pi V)$$

Alors X et Y sont deux variables aléatoires de loi normale N(0,1)

Générateur de variables uniformes

Il est possible de générer des variables aléatoires uniformes en utilisant la fonction Random. Le générateur est un générateur congruentiel. Son principe est le suivant :

Les suites du générateur sont construites par récurrence

$$U_{n+1} = h(U_n)$$

¹ Référence : Yassine Qalli : Cours Simulation des modèles financiers, INSEA, 2016

$$h(x) = (ax+b) \cdot \text{mod}(m)$$

La valeur de U_0 (le germe) doit alors être choisie par l'utilisateur sous peine de toujours obtenir la même suite de nombres. Souvent, on utilise l'horloge de l'ordinateur pour initialiser le germe.

2. Modèles de taux

La notion de taux sans risque est étroitement liée aux obligations, c'est pour cela que nous avons estimé judicieux de commencer par introduire ces instruments financiers.

Le prix d'une obligation sans risque de défaut de nominal N , de maturité T et de taux facial est calculé à partir des prix des zéro-coupons $P(t, T)$ via la formule :

$$O_t = N \cdot (c \cdot \sum_{i=t+1}^T P(t, i) + P(t, T))$$

Où :

- $O(t)$: Prix de l'obligation à t
- N : Nominal de l'obligation
- c : Taux auquel l'obligation est émise

Dans le cas d'une obligation au pair (Obligation utilisée dans notre travail), c'est-à-dire que son prix est égal à son nominal, nous pouvons retrouver le taux auquel l'obligation est émise :

$$c = \frac{1 - P(t, T)}{\sum_{i=t+1}^T P(t, i)}$$

Au final, pour aboutir aux prix des zéro coupons il ne reste plus qu'à établir la structure par terme des taux d'intérêt ZC afin de reproduire l'évolution future de ces taux pour toute maturité.

Reconstitution déterministe de la courbe des taux zéros coupons

Les données utilisées sont les taux de référence du marché secondaire des bons de trésor de l'Etat.

TAUX DE REFERENCE DU MARCHÉ SECONDAIRE DES BONS DU TRESOR (Courbe des taux)

Date :31/12/2015

En millions de dirhams

Echéance	Transactions	Taux moyen pondéré	Date de valeur
30/01/2016	393.29	2,45%	04/01/2016
08/02/2016	221.62	2,50%	04/01/2016
14/03/2016	246.91	2,50%	31/12/2015
18/04/2016	150.05	2,47%	31/12/2015
30/05/2016	73.17	2,51%	31/12/2015
15/08/2016	40.75	2,53%	31/12/2015
20/02/2017	23.58	2,68%	31/12/2015
25/05/2017	59.68	2,69%	31/12/2015
05/04/2019	45.21	2,94%	31/12/2015
03/03/2020	53.96	3,03%	29/12/2015
02/06/2025	169.87	3,44%	31/12/2015
15/06/2026	321.79	3,62%	04/01/2016
16/04/2029	117.22	3,77%	29/12/2015
05/08/2030	176.77	3,89%	29/12/2015
19/02/2035	126.11	4,24%	28/12/2015
04/02/2036	20.46	4,38%	31/12/2015
19/02/2046	129.95	4,92%	04/01/2016
Total	2370.39		

Notre démarche consistera dans un premier temps à obtenir les taux pour les maturités pleines à partir des taux de maturité résiduelle, et ceci par le biais de l'interpolation linéaire. Une fois que cela soit fait, il sera question de traiter séparément les taux monétaires et non monétaires, afin de retrouver les taux zéro coupons grâce au bootstrap (méthode de proche en proche).

Interpolation linéaire

- Les taux zéro-coupon des maturités qui nous intéressent dans notre étude dites pleines (entières) ne sont pas explicitement précisées sur le tableau précédent, tout ce dont nous disposons sont des transactions à maturités non entières dites résiduelles.

$$R(0, t_p) = \frac{(t_j - t_p) * R(0, t_i) + (t_p - t_i) * R(0, t_j)}{t_j - t_i}$$

$$t_p \in \{t_i, t_j\}$$

Obligations de maturité < 1 an :

Les obligations de maturité inférieure à 1 an, sont assimilables à des zéro coupons car ils ne génèrent qu'un seul flux à maturité. Quoique, ces taux nommés "taux monétaires" sont calculés sur une base annuelle de 360 jours alors que les taux zéro coupon sont calculés sur une base actuarielle de 365 jours.

$$\left(1 + tx_{monétaire} \frac{n}{360}\right) = (1 + tx_{actuariel})^{\frac{n}{365}}$$

$$\Rightarrow tx_{actuariel} = \left(1 + tx_{monétaire} \frac{n}{360}\right)^{\frac{365}{n}} - 1$$

Obligations de maturité > 1 an :

Les taux de maturité supérieure à 1 an, ne correspondent pas à des taux zéro coupon mais à des taux actuariels. Il est à noter que les taux publiés par Bank Al-Maghrib correspondent à un échange au pair. En d'autres termes, le prix de l'obligation est égal à sa valeur nominale et le taux de coupon est égal au taux de rendement à l'échéance (taux actuariel).

Pour retrouver les taux zéro coupon associés au taux actuariel, nous utilisons la méthode du Bootstrap. Cette méthode permet de reconstituer la courbe zéro coupon pas à pas, à partir des prix des obligations.

Pour expliciter cette méthode, supposons que nous disposons des taux actuariels qui permettent de retrouver les prix des obligations et que nous voulons calculer le taux zéro coupon de maturité 2 ans.

$$P_{2\text{ ans}} = C (1 + t_{z_c1})^{-1} + (100 + C)(1 + t_{z_c2})^{-2}$$

On se retrouve avec une seule variable à calculer vu que le t_{z_c1} correspond exactement au taux actuariel à 1 an.

On réitère l'opération précédente pour une maturité supérieure jusqu'à obtenir tous les taux zéro coupons disponibles. La formule générale pour des taux en composition annuelle devient :

$$t_{zcn} = \left[\frac{100 + C_n}{100 - C_n \sum_{i=1}^{n-1} (1 + t_{zci})} \right]^{\frac{1}{n}} - 1$$

t_{zcn} : Taux zéro coupon de maturité n

C_n : Taux Coupon versé par l'obligation ZC (dans le cas de l'émission au pair il correspond au taux actuariel)

Comme nous pouvons le remarquer, la formule requiert des maturités exactes afin de procéder au calcul des taux, or les maturités fournies ne sont pas exactes. C'est la raison pour laquelle il a été nécessaire de procéder à une interpolation dans un premier temps.

Modélisation stochastique

Pour y parvenir, plusieurs modèles de taux court (taux du marché interbancaire) nous permettent d'arriver à cette fin. Parmi ces modèles :

Modèle de Vasicek :

Le modèle de Vasicek consiste à supposer que r_t satisfait l'EDS suivante :

$$dr_t = a(b - r_t) dt + \sigma dW_t$$

Où a ; b ; σ sont des constantes.

- b représente la moyenne à long terme du taux court.
- a représente la vitesse d'ajustement du taux court actuel vers sa moyenne de long terme b .

Cette modélisation permet de prendre en compte l'effet de retour à la moyenne constatée sur les taux d'intérêts. En effet, des valeurs élevées des taux ont tendance à être suivies plus fréquemment par des baisses que par des hausses. L'effet inverse est également constaté pour des niveaux de taux inhabituellement bas.

La solution de cette équation est donnée par :

$$r_t = r_0 e^{-at} + b(1 - e^{-at}) + \sigma e^{-at} \int_0^t e^{as} dW_s$$

Discretisation du modèle de Vasicek :

Le modèle de Vasicek admet la discrétisation suivante :

$$r_{t+1} = r_t e^{-a} + b(1 - e^{-a}) + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2a}}{2a}} \varepsilon$$

Où ε est une variable aléatoire de loi normale centrée réduite.

- **Modèle de Cox-Ingersoll-Ross**

Nous avons choisi le modèle de Cox Ingersoll Ross. L'évolution du taux d'intérêt instantané sous ce modèle est modélisée suivant l'équation suivante :

$$dr_t = a(b - r_t)dt + \sigma\sqrt{r_t}dW_t$$

Avec :

- r_t : Taux d'intérêt instantané
- a : Vitesse de retour à la moyenne
- b : Moyenne de long terme du taux
- σ : Volatilité du taux court
- W_t : Mouvement brownien standard

Nous avons choisi ce modèle vu qu'il est simple à mettre en place et prend en compte un retour à la moyenne. Aussi, le modèle CIR a une probabilité égale à zéro d'avoir des taux négatifs si la condition $b \geq \frac{\sigma^2}{2a} > 0$ est vérifiée.

Discrétisation du modèle de CIR :

Dans le cas d'absence d'une discrétisation exacte, tel le cas du processus de CIR, des schémas tel le schéma d'EULER et de MILSTEIN, donnent des approximations discrètes du processus.

Le procédé de discrétisation d'Euler consiste, dans le cas du modèle de CIR, à approcher l'évolution de r_t par :

$$r_{t+\delta} = r_t + a(b - r_t)\delta + \sigma\sqrt{\delta r_t}\varepsilon_t$$

Où :

- δ : Pas utilisé dans la modélisation (dans le cas de notre étude nous prendrons 1)
- ε_t : Variable aléatoire suivant une loi normale centrée réduite

Du début de la projection et jusqu'à la fin, on peut obtenir les taux instantanés à chaque date. Au final, il s'agit de déterminer les paramètres a , b , σ et le taux court r_0 .

Prix des zéro-coupons et estimation des paramètres

Le taux court instantané permet de reconstituer la structure par terme des taux à n'importe quelle date. En effet, le prix en t du zéro-coupon de maturité sous le modèle CIR est comme décrit précédemment déterminé par la formule suivante :

$$P(t, T) = A(t, T)\exp(-B(t, T) * r_t)$$

Avec

$$A(t, T) = \left[\frac{2\gamma \exp\left(\frac{(a + \gamma)(T - t)}{2}\right)}{(a + \gamma)(\exp(\gamma(T - t)) - 1) + 2\gamma} \right]^{\frac{2ab}{\sigma^2}}$$

Et

$$B(t, T) = \left[\frac{2(\exp(\gamma(T - t)) - 1)}{(a + \gamma)(\exp(\gamma(T - t)) - 1) + 2\gamma} \right]$$

Et $\gamma = \sqrt{a^2 + 2\sigma^2}$ la prime de risque

Les taux zéro-coupons sont déduits des prix zéro-coupons par la formule :

$$R(t, T) = -\frac{\ln(P(t, T))}{T - t}$$

Estimation des paramètres :

Les paramètres du modèle CIR sont estimés selon l'univers de projection, soit par le biais de données historiques (projection monde réel) ou grâce à une méthode ad hoc (Projection risque neutre)

- **Univers risque neutre**

Afin d'estimer les différents paramètres du modèle de CIR, nous allons calibrer le processus de manière à reproduire le plus fidèlement possible les prix de marché $P(0, T)$ des zéro-coupons à la date d'évaluation.

La première étape de la calibration consiste en l'estimation de la volatilité par le biais des données historiques du taux court (la volatilité étant indépendante de l'univers de projection). Cette volatilité n'est autre que le résidu de l'équation de régression suivante

$$Y_t = ab * X_t + (1 - a)Z_t + \sigma \varepsilon_t$$

Avec $Y_t = \frac{r_t}{\sqrt{r_{t-1}}}$; $X_t = \frac{1}{\sqrt{r_{t-1}}}$ et $Z_t = \sqrt{r_{t-1}}$

Cette équation est obtenue en divisant l'équation de discrétisation par $\sqrt{r_{t-1}}$.

La calibration des autres paramètres du modèle est faite par la méthode des moindres carrés ordinaires : nous cherchons les paramètres qui minimisent l'écart quadratique entre les prix de marché et les prix estimés qui sont donnés par $P(0, T)$ à la date d'évaluation 2016.

Pour obtenir les prix de marché, il nous faut une courbe des taux fiables. Nous utilisons celle publiée par BANK AL MAGHRIB (BAM). Elle fournit les taux moyens pondérés en fonction de maturité. On peut donc en déduire le prix de marché des zéro-coupons par la formule suivante :

$$P(0, T) = \exp(-T * R(0, T))$$

L'estimation des paramètres a et b s'obtient par la méthode des moindres carrés soit par la recherche du couple (a, b) qui minimise la distance quadratique D :

$$D = \sum_{i=1}^N (\text{prix marché}_i - \text{prix estimé}_i)^2$$

- Prix marché est calculé à partir des taux moyens pondérés du marché secondaire des bons de trésor fournis par la courbe des taux de la BAM.
- Prix estimé est calculé à partir du modèle CIR.
- **Estimation de r0**

Le premier paramètre à estimer est le taux instantané à la date 0, noté r0. Il se détermine via une interpolation cubique en considérant les 4 premiers points de la courbe des taux zéro-coupon en fonction de la maturité, avec la relation :

$$R(0, T) = \alpha T^3 + \beta T^2 + \gamma T + \delta$$

Pour 4 maturités T1, T2, T3 et T4, on résout le système pour trouver les α, β, γ et δ . Finalement $r_0 = \delta$

$$\text{Car } \lim_{T \rightarrow 0} R(0, T) = \delta = r_0$$

- **Monde réel :**

Pour estimer les paramètres du modèle de CIR, nous utilisons les données historiques du taux court du marché monétaire interbancaire. Tous les paramètres peuvent être par l'équation suivante obtenue après discrétisation :

$$Y_t = ab * X_t + (1 - a)Z_t + \sigma \varepsilon_t$$

$$\text{Avec } Y_t = \frac{r_t}{\sqrt{r_{t-1}}}; X_t = \frac{1}{\sqrt{r_{t-1}}} \text{ et } Z_t = \sqrt{r_{t-1}}$$

3. Modélisation des actions :

Le cours des actions est simulé par une méthode stochastique. Plusieurs modèles existent pour modéliser l'évolution des actions mais le modèle de référence est celui de Black & Scholes datant de 1973. Ce modèle suppose que le cours de l'action suit un mouvement brownien géométrique, avec une volatilité constante. La formule du modèle de Black et Scholes donne explicitement les prix des actions.

i. Modélisation des actions par le modèle de Black & Scholes

Les hypothèses de ce modèle sont les suivantes :

- Le prix de l'actif sous-jacent suit un mouvement brownien avec une volatilité constante
- Il y a Absence d'Opportunités d'Arbitrage (AOA)
- Il est possible d'effectuer des ventes à découvert
- Il n'existe pas de coûts de transaction
- Il existe un taux d'intérêt sans risque, connu à l'avance et constant
- Tous les sous-jacents sont parfaitement divisibles

Selon ce modèle, le prix d'une action évolue selon le processus suivant :

$$dS(t) = S(t)(\mu dt + \sigma dW'_t)$$

Avec :

- $S(t)$: Prix de l'action en t
- μ : Drift ou l'espérance de rendement
- σ : La volatilité
- $W'(t)$: Mouvement brownien standard

Soit S_0 le cours initial de l'action. Il correspond dans notre étude à la valeur 100.

La solution de cette équation différentielle stochastique est donnée par :

$$S(t) = S_0 \exp \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma W'_t \right]$$

En prenant un pas de temps dt séparant les instants t et $t + 1$, il existe une relation entre les prix de l'action à ces deux instants :

$$\frac{S(t + 1)}{S(t)} = \frac{e^{\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) (t+1) + \sigma W'_{t+1} \right]}}{e^{\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma W'_t \right]}}$$

Finalement :

$$S(t + 1) = S(t) \exp \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma \sqrt{dt} N^2 \right]$$

Où N^2 représente une loi normale centrée réduite.

Calibrage :

Nous utilisons les données historiques journalières de la période 1999 à 2016 de l'indice MASI publiée sur le site de la Bourse de Casablanca.

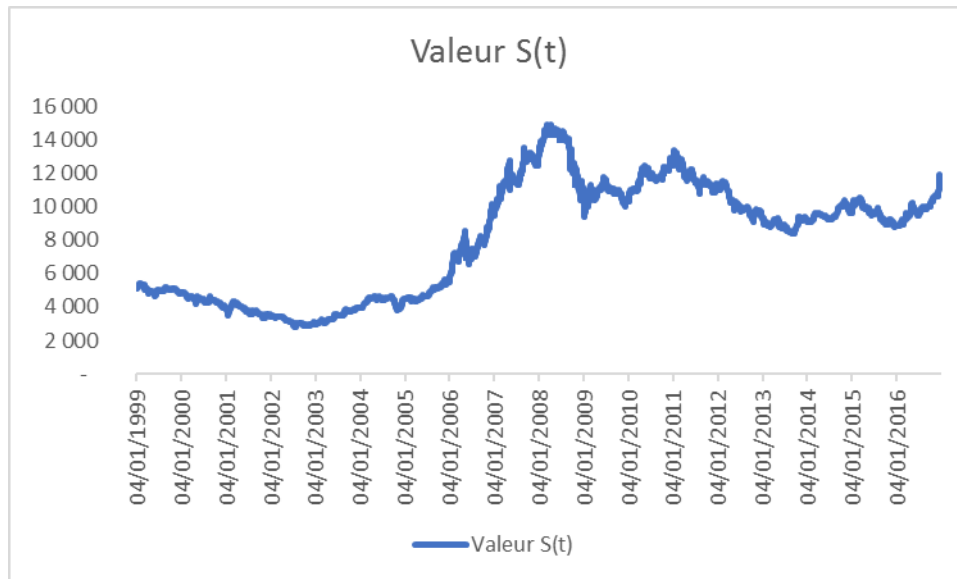


Figure 12: Valeurs journalières MASI

4. Modélisation de l'immobilier :

Pour l'immobilier aucune modélisation stochastique n'a été faite. On a supposé que le rendement immobilier est constant tout le long de la projection.

$$VM(\text{fin } t) = VM(\text{début } t) * (1+r_m) * (1-q)$$

Avec :

VM (début t) : Valeur de marché de l'immobilier au début de l'année t

R_m : Rendement de l'immobilier

q : loyer versé par l'immobilier

Les données utilisés pour calibrer l'immobilier proviennent de l'indice IPAI (Indice des prix des Actifs Immobiliers)

5. Modélisation de l'OPCVM :

$$OPCVM(t+1) = OPCVM(t) * (1+r)$$

Avec r taux zéro coupon dont l'échéance est la duration du passif

II. Modélisation du passif :

Le passif représente les engagements de l'assureur envers les assurés. A travers l'inversion du cycle production en assurance, il constitue la partie la plus délicate du

bilan. Il doit être évalué à juste valeur afin de ne pas compromettre la solvabilité de l'entreprise. Pour les produits concernés par notre étude, et puisque nous sommes sous hypothèses run-off, nous avons décidé de regrouper les contrats par âge, puisque les clients avec le même auront les mêmes comportements.

Il s'agit ici de déterminer les différentes provisions mathématiques et les provisions de gestion, ainsi que les différentes prestations pour les différents sinistres.

1. Nombre d'adhérents :

C'est l'effectif qui pour lequel l'assureur a toujours des engagements
Nous supposons ici que les sorties s'effectuent toutes en même temps, non pas par ordre chronologique :

$$Nbre(t,x)=Nbre(t-1,x-1) * (1 - Qx - tx_rachat - liq_x)$$

Avec

Qx : taux de mortalité de la génération d'âge x

Tx_rachat : taux de rachat de la génération d'âge x

Liq_x : taux de sortie en échéance de la génération d'âge x

2. Versements

Les versements au cours d'une année représentent les primes payées par les assurés au cours de cette année.

$$Versements(t) = Versements\ moyens(t-1) * t_rev_anc * NB(t)$$

3. Réserves d'ouverture de l'année

Les réserves au début de l'année représentent la provision constituée par l'assureur pour faire face à ses engagements. On considère dans notre étude que la participation aux bénéfices n'est pas directement distribuée, mais plutôt injectée dans la réserve de début d'année suivante :

$$Reserves_ouv(t)=Reserves_clot(t-1) + PB(t-1)$$

4. Réserves clôture de l'année :

Représente la provision après collecte des primes et règlement des prestations.
Nous supposons que les sorties se font au milieu de l'année :

$$\begin{aligned} Réserves_{clot}(t) &= Réserves_{ouv}(t)(1 + TMGA) + versements(t)(1 + TMGA) \\ &\quad - (Mt_{deces}(t) + Mt_{rachat}(t) + Mt_{echeance}(t)) * (1 + TMGA)^{0.5} \end{aligned}$$

5. Montant des décès

Le montant des décès est la somme payée par l'assureur suite aux décès des assurés.

$$Mt_{deces}(t, x) = Reserves_{ouv}(t, x) * (1 + TMGA)^{0.5} * Qx$$

6. Rachats nets de pénalité

Le montant des rachats est la somme payée par l'assureur suite à une interruption du contrat par l'assuré.

$$Mt_{rac}(t, x) = Reserves_{ouv}(t, x) * (1 + TMGA)^{0.5} * tx_{rachat} * (1 - pen_{rachat})$$

Modélisation des taux de rachat :

i. Définition : l'option de rachat :

Le rachat est une option qui permet à l'assuré, quand il l'exerce, de retirer tout ou une partie de son épargne (selon des conditions) à tout moment en plus des intérêts, et ce avant la date d'échéance du contrat. Le rachat de la totalité de l'épargne met fin au contrat.

La décision de rachat est généralement prise pour deux raisons, soit pour investir ailleurs et générer plus de profit, soit pour compléter ses revenus.

ii. Elaboration des taux de rachat :

Pour étudier ce phénomène, nous avons choisi la variable ancienneté pour expliquer la variabilité des rachats. Le but de l'étude est de construire des tableaux de taux qui reflètent la tendance de rachat du produit existant.

Nous disposons des sorties en rachat des exercices 2013, 2014 et 2015. Nous supposons qu'en moyenne, les taux de rachat des exercices suivants évolueront selon la tendance de 2013, 2014 et 2015.

Ainsi, on construit une nouvelle variable taux de rachat par exercice et qui dépend de l'ancienneté.

Pour ce faire, nous allons réaliser tout d'abord un tableau qui contient le nombre de contrats par exercice et par ancienneté. Ensuite, nous allons construire un autre tableau qui contient le nombre de rachats par exercice et par ancienneté du contrat.

A la fin, nous allons obtenir un autre tableau qui contient les taux de rachats en utilisant la formule suivante :

$$Taux\ de\ rachat(i; j) = \frac{Nombre\ de\ contrats\ rachatés\ (i; j)}{Nombre\ de\ contrats(i; j)}$$

Avec i : Exercice et j : l'ancienneté correspondante.

Ci-dessous le nombre de sorties en rachat, ainsi que le taux de rachat par exercice et par ancienneté.

Rachat																					
Nombre de CLE		Étiquettes de colonnes																			
Étiquettes de lignes		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Total général
2013		67	39	88	60	60	44	22	17	9	6	3	45	7	5	2	4	1	3		482
2014		75	73	41	64	73	35	45	28	17	13	5	7	22	2	2	1	1			504
2015		73	130	91	69	81	64	29	62	61	22	20	23	4	35	5	3	1	5		778
Total général		215	242	220	193	214	143	96	107	87	41	28	75	33	42	9	5	4	2	8	1764

Figure 13: Nombre de rachats par exercice et par ancienneté

Taux de rachat																					
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
2013		4,27%	4,60%	5,69%	4,30%	7,17%	4,35%	2,84%	2,50%	1,10%	1,67%	0,84%	2,55%	2,65%	3,01%	1,90%	1,63%	0,00%	5,00%	2,78%	
2014		4,94%	3,94%	5,16%	4,52%	5,56%	4,60%	4,69%	3,77%	2,63%	1,66%	1,48%	2,02%	1,35%	0,81%	1,27%	0,94%	0,40%	0,00%	0,00%	
2015		7,31%	7,05%	5,27%	9,54%	6,21%	5,33%	4,20%	7,12%	8,87%	3,68%	2,64%	7,14%	1,21%	2,35%	2,26%	0,00%	3,30%	0,40%	8,93%	
Moyenne		5,51%	5,20%	5,37%	6,12%	6,31%	4,76%	3,91%	4,46%	4,20%	2,34%	1,65%	3,90%	1,74%	2,06%	1,81%	0,86%	1,23%	1,80%	3,90%	

Figure 14: Taux de rachat par exercice et par ancienneté

7. Capitaux à échéance

Les capitaux à échéances sont des prestations payées par l'assureur pour les contrats à terme.

$$Mt_{echeance}(t, x) = Reserves_{ouv}(t, x) * (1 + TMGA)^{0.5} * tx_{echeance}$$

Modélisation des taux d'arrivée à échéance :

Nous disposons d'une base de données des sorties en capitaux échus pour les exercices 2013, 2014 et 2015. Afin d'avoir les taux de sorties en capitaux échus, nous allons dégager le nombre de sorties par âge. Disposant des nombres de contrats pour chaque exercice, nous pouvons facilement déduire les taux de sortie en capital échus par la formule suivante

$$tx_{echeance}(i, x) = \frac{Nombre\ de\ capitaux\ échus\ (i, x)}{nombre\ de\ contrats(i, x)}$$

Avec i : l'exercice et x : l'âge de l'assuré.

En obtenant ces taux, nous supposons que les taux de sorties en capitaux échus sont égaux à la moyenne des taux observés sur les exercices 2013,2014 et 2015.

12. Provisions de gestion :

Tout au long de la durée de vie des contrats, il se peut que le gap entre ce que collecte la compagnie comme chargements de gestion et ce qu'elle débourse afin de gérer les contrats soit négatifs.

Ainsi la compagnie doit penser à faire face aux charges futurs de gestion des contrats, d'où la nécessité de constituer des provisions de gestion.

La réglementation marocaine définit la provision de gestion comme suit :

«

Provision de gestion :

Provision destinée à couvrir les charges de gestion futures des contrats non couvertes par ailleurs. Cette provision est dotée, à due concurrence, de l'ensemble des charges de gestion futures des contrats non couvertes par des chargements prévus par ceux-ci.

Elle est déterminée dans les conditions ci-après :

Pour chaque ensemble homogène de contrats, il est établi, au titre de chacun des exercices clos pendant la durée de ceux-ci, un compte prévisionnel des charges et produits futurs de gestion. Pour l'établissement de ces comptes prévisionnels, sont pris en compte :

- *Les produits correspondant aux chargements contractuels ;*
- *Les charges correspondant aux charges techniques d'exploitation hors charges d'acquisition des contrats, impôts et taxes et dotations d'exploitation. Ces charges sont estimées en appliquant à la charge moyenne unitaire observée au titre de l'exercice considéré et des deux exercices précédents, le nombre de contrats de chaque ensemble homogène de contrats.*

La charge unitaire correspond, pour chaque exercice, au montant des charges divisé par le nombre de contrats.

Pour chaque ensemble homogène de contrats, le montant de la provision est égal à la valeur actuelle des charges de gestion futures diminuée de la valeur actuelle des ressources futures issues des contrats, telles que définies ci-dessus. Le taux d'actualisation est, pour chaque exercice, le taux obtenu en divisant la charge d'intérêts techniques par le montant moyen des provisions mathématiques brutes de réassurances des deux derniers exercices.»

Arrêté du ministre des finances et de la privatisation n° 1548-05 du 6 ramadan 1426 (10 octobre 2005) relatif aux entreprises d'assurances et de réassurance.

Les provisions de gestion sont calculées comme suit :

$$PDG_{ouv}(t) = PDG_{clo}(t - 1)$$

$$PDG_{clo}(t) = \sum_{i=t}^{horizon} (Frais_{gestion}(i) - Charg_{gestion}(i)) * \left(\frac{1}{1 + \frac{intérêts\ crédités(i)}{0.5 * (Réserves_{ouv}(i) + Réserves_{clo}(i))}} \right)^i$$

Chapitre V : Analyse des résultats

Chapitre V : Analyse des résultats : Calcul de la NBV, IRR, et SCR

Le calcul des indicateurs de rentabilité et du SCR ont été effectués sous une application VBA-Excel. Cette application a pour objet de projeter les contrats souscrits en 2016 à partir de 2017 et jusqu'à un horizon précisé par l'utilisateur. Elle permet de projeter les différents flux avant de calculer les indicateurs en question.

L'utilisateur utilisera l'interface implémentée dans le classeur de l'outil conçu afin de renseigner le modèle point, les hypothèses de projection paramétrables, ainsi que pour démarrer la projection. Par souci de confidentialité, tous les chiffres présentés sont fictifs.

Dans cette partie, nous travaillerons sur le produit X. Le changement de produit peut dans la fenêtre des hypothèses.



Figure 16: Interface de l'application

I. New Business Value (NBV) :

1. Le modèle point :

Afin de pouvoir calculer la NBV, l'outil doit projeter les contrats des produits étudiés. Pour cela nous devons tout d'abord renseigner notre modèle point qui, on le rappelle, regroupe

les contrats souscrits en 2016 par âge. Nous suivrons ces contrats tout au long de la projection :

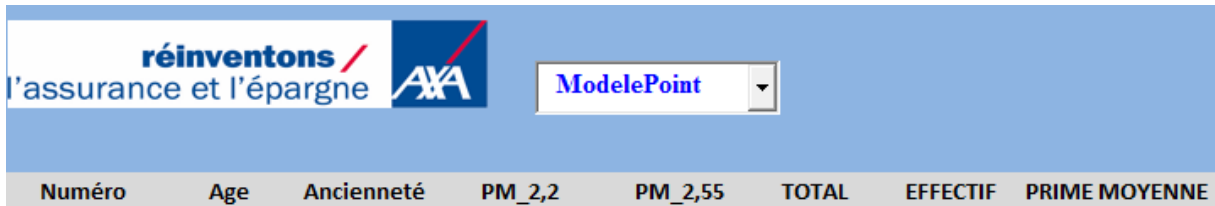


Figure 17: Modèle Point

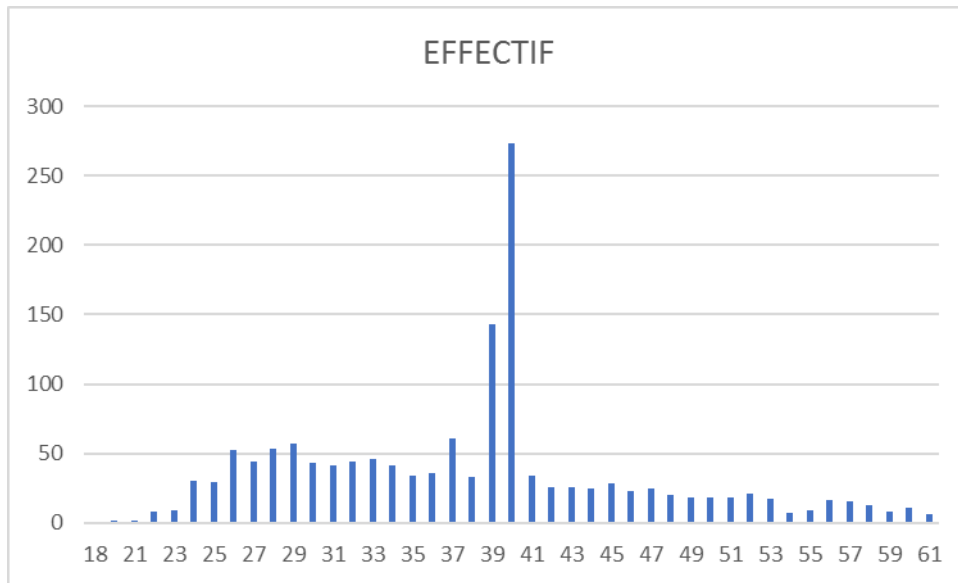


Figure 18 : Distribution de l'effectif du modèle point par âge

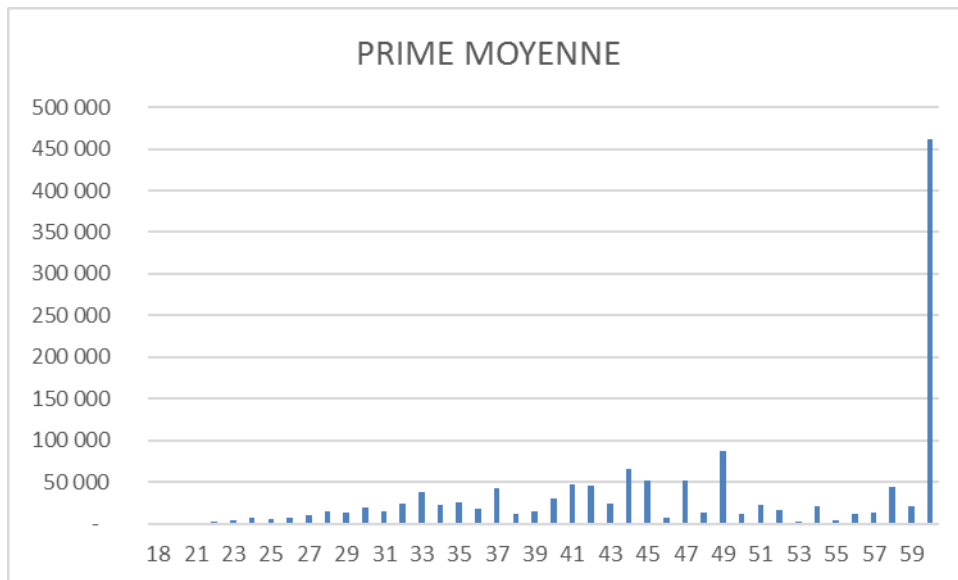


Figure 19: Primes moyennes versées par âge

Le portefeuille étudié comme nous le remarquons sur les deux figures précédentes, est composé d'assurés de différents âges, 38 étant l'âge moyen. Les primes moyennes

enregistrent un pic à l'âge de soixante ans, puisque ces assurés souhaitent constituer une épargne avant l'âge de retraite et bénéficier de la fiscalité avantageuse des contrats d'épargne.

2. Renseignement des hypothèses :

L'utilisateur renseigne les hypothèses avec lesquelles se fera la projection de l'actif et du passif.

réinventons / AXA		l'assurance et l'épargne	
Ancienne offre			0
Type de produit		Retraite	
Première année de projection		2017	
Année de fin de projection		2050	
Chargements de gestion sur PM		0,50%	
Chargements d'acquisition		3,00%	
Prise en compte de reversements		0	
Prise en compte de nouvelles affaires		N	
Projection avec Taux PB		N	
Taux technique		2,15%	
Table de mortalité utilisée		TD 88-90	
Abattement de la table		99,00%	
Sorties en milieu d'année		0	
Formule pour sorties		2	
Taux de la participation aux bénéfices		90,00%	
Bonification			
Octroi du bonus			N
Année		Taux	Plafond
6 ^{ème}		2,00%	1 000 000,00
8 ^{ème}		1,00%	1 000 000,00
MSR		5,00%	
FP		100,00%	
Prélèvement des chargements dans les pdg		0	
Impôts		37,00%	

Figure 20: Hypothèses techniques de la projection

Ancienneté	Reversement	Rachat	Pénalité	Age	Échéance
0	100%	5,50%	5%	0	0,00%
1	85%	5,20%	5%	1	0,00%
2	78%	5,37%	5%	2	0,00%
3	73%	6,12%	5%	3	0,00%
4	69%	6,31%	0%	4	0,00%
5	65%	4,76%	0%	5	0,00%
6	63%	3,91%	0%	6	0,00%
7	60%	4,46%	0%	7	0,00%
8	57%	4,20%	0%	8	0,00%
9	55%	2,34%	0%	9	0,00%
10	51%	1,65%	0%	10	0,00%
11	50%	3,90%	0%	11	0,00%
12	50%	1,74%	0%	12	0,00%
13	50%	2,06%	0%	13	0,00%
14	50%	1,81%	0%	14	0,00%
15	50%	0,86%	0%	15	0,00%
16	50%	1,23%	0%	16	0,00%
17	50%	4,98%	0%	17	0,00%

Figure 21: Lois de reversement, rachat et échéance

L'utilisateur :

- précise si les frais seront prélevés sur la PB ou non (« N »= Frais sur la PM et les Primes ; « O »= Frais sur la PB)
- Choisit l'année de fin de projection.
- Fixe les différents frais à prélever.
- Renseigne la table de mortalité utilisée, les lois de sorties et le taux de participation aux bénéfices.

Hypothèses financières & comptables	I	D	2017	2050
Taux minimum garanti			2,38%	2,15%
Taux de revalorisation			4,00%	4,00%
Taux de rendement de l'actif			5,60%	5,60%
Coût de gestion			1 000	1 000
Coût d'acquisition			700	700

Figure 22: Hypothèses financières

Concernant l'actif, le portefeuille de la compagnie est composé d'obligations, d'actions, d'immobilier et d'OPCVM. Une allocation cible est à respecter chaque année.

- Le rendement de l'action est déduit de la simulation du taux court via le modèle CIR
- Les obligations sont des obligations au pair
- Le rendement de l'immobilier est supposé constant
- Le rendement de l'OPCVM correspond au taux zéro coupon de maturité égale à la duration du passif.

3. Projection des flux et calcul de la NBV et l'IRR :

La projection se fait en ne tenant pas compte des nouvelles affaires, et en supposant qu'aucun des assurés ne souscrit à la garantie décès. Afin, d'obtenir la NBV, nous actualisons le PVFB et le CoC avec le taux forward.

En utilisant la commande « démarrer la projection », nous obtenons les résultats suivants :

Evolution des primes :

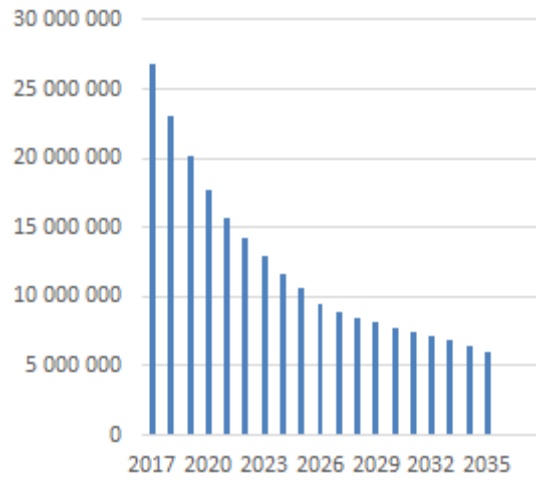


Figure 23: Evolution des primes versées

Nous constatons que les primes décroissent au fil du temps. Ceci est expliqué par les sorties en capital, décès et rachat que connaît le portefeuille étudié. Aussi, le taux de reversement décroît au fil du temps, ce qui impacte l'évolution des primes.

Prestations dues au rachat :

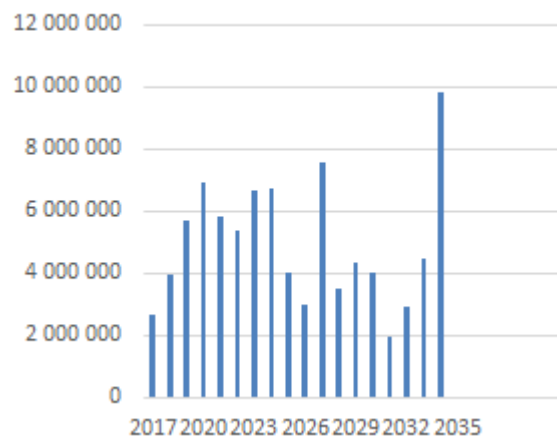


Figure 24: Prestations dues au rachat

Les montants de rachat n'augmenteront généralement qu'après la troisième année. Ceci est dû à l'existence d'une pénalité de rachat si ce dernier survient durant la période citée. Nous remarquons que les rachats vont ensuite augmenter et atteindre un pic après 20 ans à peu près. Sachant que l'âge moyen du portefeuille est autour de 40, ceci nous pousse à dire que les assurés rachètent leur épargne quand ils deviennent plus proche de la retraite.

Prestations d'arrivée à échéance :

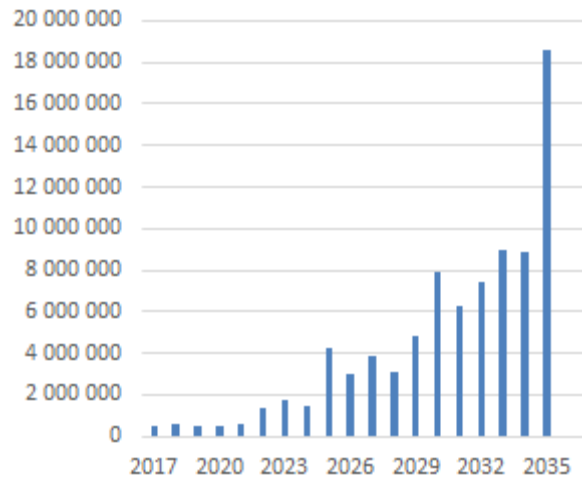


Figure 25: Prestation dues à l'échéance

Tout comme les prestations dues au rachat, le montant des prestations dues à l'échéance connaît un pic à la 20^{ème} année de projection. Ceci est expliqué par le fait qu' à l'horizon 2035 , le portefeuille étudié a en moyenne un âge de 60 ans.

Prestations dues au décès

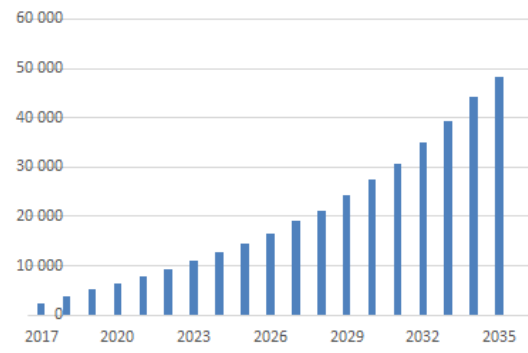


Figure 26: Prestations dues au décès

Selon la table de mortalité utilisée (TD88-90) , nous remarquons que les taux de mortalité s'accroissent au fur et à mesure des années de projection , ce qui explique l'accroissement des prestations dues au décès.

Projection du compte résultat :

Chapitre V : Analyse des résultats

EXERCICE	2017	2018	2019
Primes pures (+)			
Prestations totales (-) yc pénalité			
Prestations en cas de décès			
Prestations en cas de rachat			
Prestations à l'échéance			
Variation des provisions techniques			
PM à l'ouverture yc pb			
PM à la clôture			
PDG à l'ouverture			
PDG à la clôture			
Pénalités de rachat			
Intérêts crédités (+)			
Marge technique brute			
Primes décès (+)			
Intérêts alloués à la couverture de décès (+)			
Capital Décès (-)			
Résultat sur Garantie Décès			
Chargement d'acquisition (+)			
Strain			
Résultat sur frais d'acquisition			
Chargement de gestion (+)			
Commission sur gestion (-)			
Coût de gestion (-)			
Résultat sur frais de gestion			
Résultat financier net des ICs			
PB à attribuer (-)			
Résultat avant impôt			
Impôts sur la société (-)			
Résultat après impôt			
PVFP			
Strain			

Figure 27: Projection du compte résultat et calcul de la PVFB

Le programme calcule le résultat suivant les formules précisées précédemment (cf [Chapitre 2 : II. Etude de la rentabilité](#))

Calcul du CoC

EXERCICE	2017	2018	2019
PM à la clôture yc PB			
Marge de solvabilité			
Fonds propre			
ΔFP			
Rendements financiers $FP(t-1)$			
CoC(t)			
CoC			
NBV			

Figure 28 : Calcul du Coût du capital

En sommant les résultats des projections suivant la relation ($NBV = PVFB - \text{Strain} - \text{CoC}$)

On retrouve les résultats suivants pour :

Produit X :

PVFB	CoC	Strain	NBV
6 908 436	5 220 172	1 026 200	662 064

Figure 29: Calcul des indicateurs pour le produit X

Produit Y :

PVFP	Strain	CoC	NBV
13 958 950	1 026 200	6 317 238	6 615 512

Figure 30: Calcul des indicateurs pour le produit Y

II. Internal Return Rate (IRR) :

Avec les différents flux projetés avec le compte de résultat pour chaque exercice, il ne reste plus qu'à retrouver le taux qui annule la somme de ces flux.

La fonction EXCEL (TRI) nous permet de retrouver facilement l'IRR.

Ainsi, on retrouve les résultats suivants pour :

Produit X

IRR	4,53%
-----	-------

Figure 31: IRR pour le produit X

Produit Y

IRR	6,63%
-----	-------

Figure 32: IRR produit Y

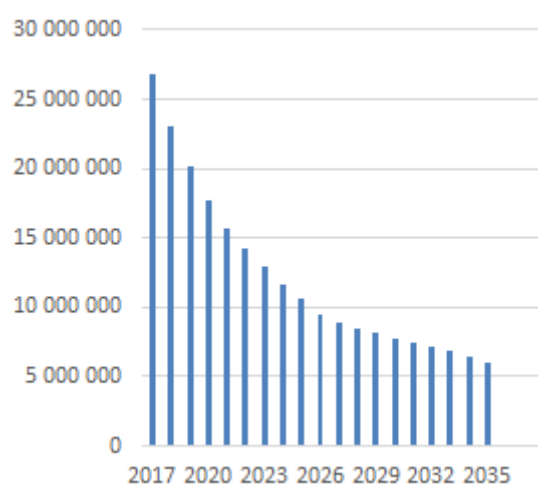
III. Solvency Capital Requirement (SCR)

1. Calcul du Best Estimate

Comme indiqué précédemment, le Best Estimate correspond à la somme des flux, nécessaires à l'assureur pour faire face à ses engagements, actualisés par rapport à la courbe des taux sans risque.

Les flux en question sont **les primes, les prestations de sorties, les impôts, les frais de gestion des contrats, et les frais de placement.**

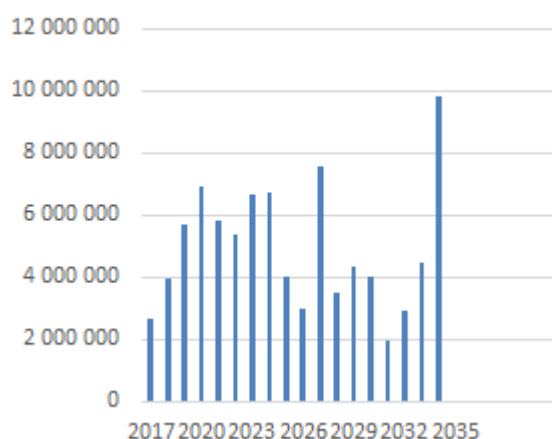
1.1. Projection des primes



Les primes décroissent avec le temps. En suivant l'évolution du portefeuille, nous remarquerons que de plus e plus de clients rachètent ou arrivent à échéance ou ne versent plus, ce qui fait que les primes sont décroissantes.

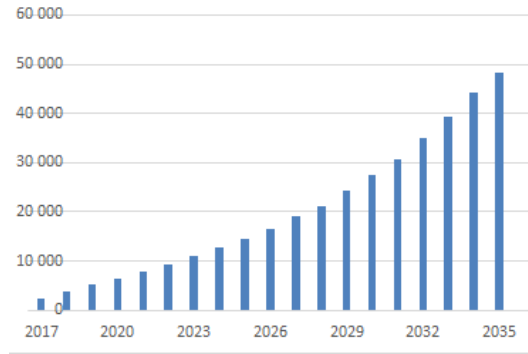
1.2. Projection des prestations

Prestations dues au rachat

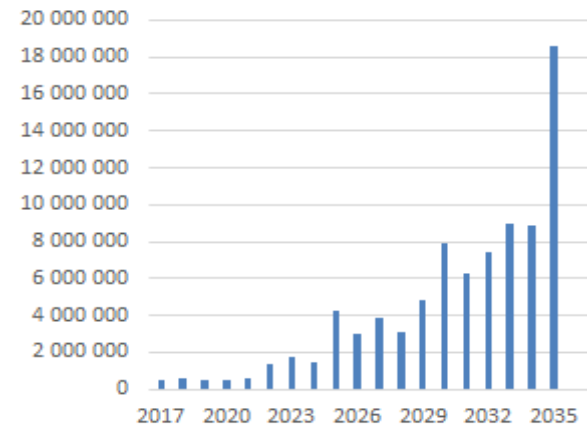


Prestations dues au décès

Chapitre V : Analyse des résultats



Prestations des capitaux échus :



Les prestations servis à l'assuré par l'assureur augmentent. Ceci est cohérent avec le fait que les taux de mortalité, de rachat et d'échéance augmentent au fur et à mesure de la projection.

1.3. Projection des frais de gestion

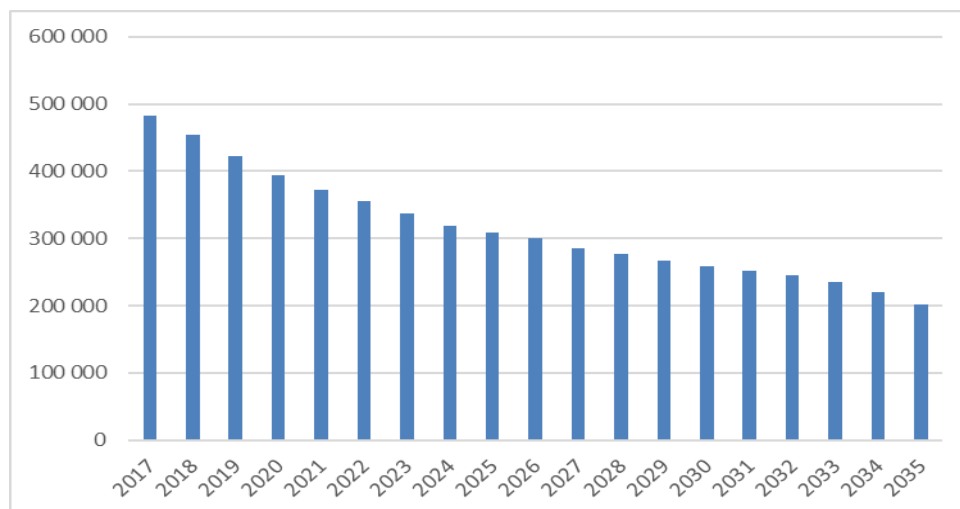


Figure 33: Projection des frais de gestion

Nous remarquons que les frais de gestion diminuent au fil de la projection. En effet, le nombre d'assurés dans le portefeuille étudié diminue, ce qui donne une baisse des frais de gestion

Valeur du Best Estimate :

En prenant des frais de placements égaux à 2% des produits financiers, et en actualisant les flux cités au dessus : nous obtenons les valeurs du best estimate pour nos deux produits :

Produit X :

Best Estimate	26 964 227
---------------	------------

Produit Y :

Best Estimate	50 693 601
---------------	------------

2. Calcul du Solvency Capital Requirement

Le calcul du SCR a été fait uniquement pour les modules de souscription vie et de marché. Dans ces deux modules seul les principaux risques ont été pris, à savoir : le risque de rachat et le risque dépense pour le module de souscription vie, le risque action et le risque taux d'intérêt pour le module marché.

2.1. Le risque rachat

Le capital réglementaire du risque rachat a été calculé comme suit :

- **Choc baisse des rachats : diminution de 50% des taux de rachats**

Scénario Central :

Actif	Passif
40 027 835	26 964 227

Scénario choqué :

Actif	Passif
40 027 835	19 478 603

$$\Delta NAV_{\text{baisse}} = NAV_{\text{central}} - NAV_{\text{choqué}} = -7\,485\,624$$

- **Choc hausse des rachats : Augmentations de 150% des taux de rachat**

Scénario Central :

Actif	Passif
40 027 835	26 964 227

Scénario choqué :

Actif	Passif
40 027 835	31 504 490

$$\Delta NAV_{\text{hausse}} = NAV_{\text{central}} - NAV_{\text{choqué}} = 4\,540\,263$$

- **Rachat massif**

Scénario Central :

Actif	Passif
40 027 835	26 964 227

Scénario choqué :

Actif	Passif
40 027 835	31 602 380

$$\Delta NAV_{\text{massif}} = NAV_{\text{central}} - NAV_{\text{choqué}} = 4\,638\,153$$

Finalement le capital réglementaire requis pour le risque de rachat est :

$$SCR_{\text{vie-rachat}} = \max(\Delta NAV_{\text{massif}} ; \Delta NAV_{\text{hausse}} ; \Delta NAV_{\text{baisse}}) = 4\,638\,153$$

2.2. Le risque de dépenses

Risque dû à l'augmentation des frais de gestion des contrats d'assurance. Il est calculé comme suit :

- **Augmentation des frais de gestion de 10%**

Scénario Central :

Actif	Passif
40 027 835	26 964 227

Scénario choqué :

Actif	Passif
40 027 835	32 179 747

$$\Delta NAV_{\text{dépenses}} = NAV_{\text{central}} - NAV_{\text{choqué}} = 5\,215\,519$$

2.3. Le risque taux d'intérêt :

Le risque de taux d'intérêt est calculé comme suit

- **Hausse des taux : Multiplication de la courbe des taux par $1+S^{\text{up}}$**

Scénario Central :

Actif	Passif
40 027 835	26 964 227

Scénario choqué :

Actif	Passif
37 914 839	26 830 297

$$\Delta NAV_{hausse} = NAV_{central} - NAV_{choqué} = 1\,979\,066$$

- **Baisse des taux : Multiplication de la courbe des taux par $1+S^{down}$**

Scénario Central :

Actif	Passif
40 027 835	26 964 227

Scénario choqué :

Actif	Passif
41 513 717	39 447 116

$$\Delta NAV_{dépenses} = NAV_{central} - NAV_{choqué} = 10\,997\,007$$

$$SCR_{marché-taux\ d'intérêt} = \max(0; 1\,979\,066; 10\,997\,007) = 10\,997\,007$$

2.4. Le risque action :

Risque résultant de la volatilité de la valeur de marché des actions.

- **Choc appliqué : Baisse de 39 % de la valeur de marché de l'action :**

Scénario Central :

Actif	Passif
40 027 835	26 964 227

Scénario choqué :

Actif	Passif
38 827 000	27 104 853

$$\Delta NAV_{dépenses} = NAV_{central} - NAV_{choqué} = 1\,341\,461$$

Donc :

$$SCR_{marché-action} = 1\,341\,461$$

2.5. Agrégation des sous modules et valeur du SCR :

En utilisant les matrices de corrélation données par le QIS5 on retrouve :

$$SCR_{vie} = \sqrt{[4638154 \quad 5215519] * \begin{bmatrix} 1 & 0.5 \\ 0.5 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 4638154 \\ 5215519 \end{bmatrix}}$$

$$SCR_{marché_down} = \sqrt{[10997007 \quad 1341461] * \begin{bmatrix} 1 & 0.5 \\ 0.5 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 10997007 \\ 1341461 \end{bmatrix}} = 11725432$$

$$SCR_{marché_up} = \sqrt{[1979066 \quad 0] * \begin{bmatrix} 1 & 0.5 \\ 0.5 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1979066 \\ 0 \end{bmatrix}} = 1979066$$

Et au final

$$BSCR = \sqrt{[8538412 \quad 11725432] * \begin{bmatrix} 1 & 0.25 \\ 0.25 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 8538412 \\ 11725432 \end{bmatrix}}$$

$$BSCR = 16138417$$

Calcul SCR_{op}

$$SCR_{op} = 30\% * 16138417 = 4\,841\,525$$

Ainsi nous retrouvons la valeur du SCR :

$SCR = BSCR + SCR_{op} = 16138417 + 4\,841\,525 = 20\,979\,942$

Conclusion

L'étude de rentabilité d'un produit d'assurance vie s'avère nécessaire étant donné les risques liés à ces contrats. Le cycle inverse de production fait que l'assureur ne peut pas connaître à l'avance les flux futurs générés par ces contrats. Ainsi, une projection des comptes de résultat, sous des hypothèses bien formulées, permettent de dégager les flux futurs générés par les produits étudiés. Ces flux, actualisés, interviennent dans le calcul des indicateurs de rentabilité, à savoir la NBV et l'IRR. Ces indicateurs nous ont permis d'avoir une idée sur la valeur créée par les nouvelles affaires des produits étudiés. Les résultats obtenus peuvent être améliorés en ayant une estimation plus détaillée des lois de sorties, car ces dernières ont un grand impact sur les gains ou pertes générés chaque année de projection. Aussi, parmi les flux qui peuvent intervenir dans le calcul des indicateurs, les fonds propres. Un changement d'exigence en fonds propres pourra impacter l'évaluation du coût du capital, et ainsi la valeur de nos indicateurs.

La réglementation solvabilité II, revoit tout le système d'évaluation du passif de la compagnie d'assurance. Les exigences de cette réglementation prudentielle insistent sur la nécessité d'évaluer précisément le niveau de risque encourus par l'entreprise. En effet, les fonds propres nécessaires à l'activité doivent pouvoir couvrir les scénarios économiques les plus extrêmes. Ainsi, des hypothèses bien rigoureuses ont été précisées au niveau de la modélisation des risques, pour pouvoir projeter les actifs et les passifs à des horizons lointains.

Cependant, il paraît légitime de se demander si le calcul de ces capitaux réglementaires peut être généralisé sur tout le marché marocain. Les chocs et les hypothèses de la réglementation Solvabilité II ont été formulés suite à des études sur le marché européen. Ces chocs sont-ils en mesure de refléter le marché marocain ? la nouvelle réglementation marocaine en cours d'élaboration sera-t-elle analogue à Solvabilité II ? Couvrira-t-elle les risques spécifiques au marché marocain ? et quel impact pourra-t-elle avoir sur l'évaluation de la rentabilité de la compagnie.

Annexe :

Annexe I : Taux de référence du marché secondaire des bons de trésor

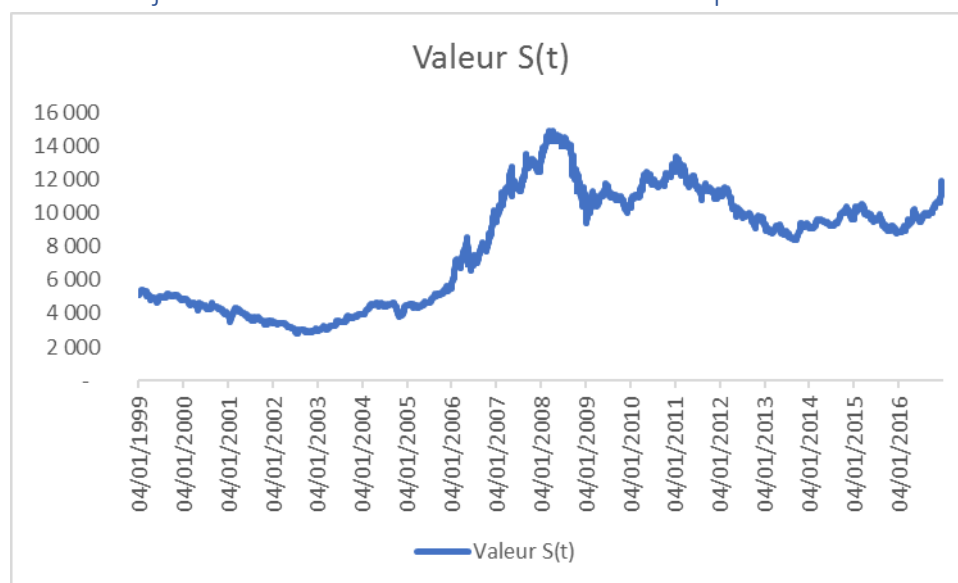
TAUX DE REFERENCE DU MARCHÉ SECONDAIRE DES BONS DU TRESOR (Courbe des taux)

Date :30/12/2016

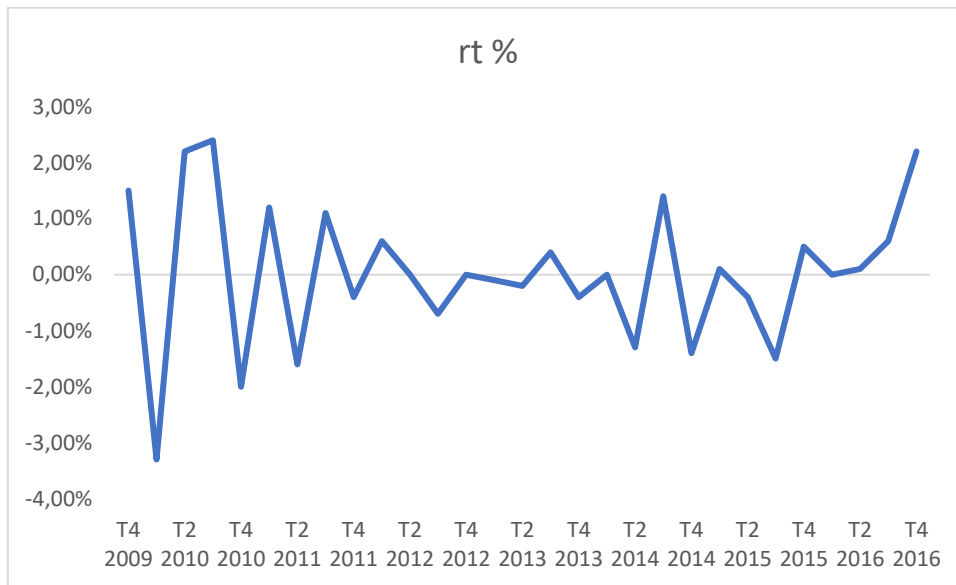
En millions de dirhams

Echéance	Transactions	Taux moyen pondéré	Date de valeur
13/02/2017	31,57	2,17%	30/12/2016
06/03/2017	31,68	2,17%	30/12/2016
25/05/2017	31,51	2,22%	30/12/2016
17/07/2017	307,72	2,25%	30/12/2016
15/08/2017	31,39	2,27%	30/12/2016
18/09/2017	25,27	2,29%	30/12/2016
15/01/2018	68,73	2,39%	30/12/2016
16/04/2018	120,4	2,40%	30/12/2016
14/05/2018	20,54	2,45%	30/12/2016
02/08/2019	49,41	2,57%	30/12/2016
21/10/2019	21,93	2,53%	30/12/2016
28/02/2020	135,91	2,61%	30/12/2016
03/03/2020	49,19	2,61%	30/12/2016
05/09/2020	33,3	2,61%	30/12/2016
16/05/2022	100,13	2,69%	30/12/2016
15/06/2026	42,53	3,14%	30/12/2016
16/04/2029	254,76	3,41%	29/12/2016
06/08/2029	37,19	3,31%	29/12/2016
05/08/2030	69,82	3,45%	19/12/2016
04/02/2036	456,06	3,83%	21/12/2016
19/02/2046	15,05	4,19%	29/12/2016
Total	1 934,09		

Annexe II : Valeurs journalières des cours des actions sur la période 1999-2016



Annexe III : Valeurs du rendement selon l'IPAI



Bibliographie

Frédéric Planchet, Q.Guibert, Nteukam, Solvabilité prospective en assurance : Méthode quantitatives pour l'ORSA, Edition 2014, Economica

Franck LE VALLOIS, Patrice PALSKEY, Bernard PARIS, Alain TOSETTI – Gestion actif passif en assurance vie, réglementation, outils, méthodes – Economica

Pierre Théron, Frédéric Planchet, Modèles financiers en assurance : Analyse de risques dynamiques, Economica

Publications

European Commission- Quantitative impact studies 5

Abdallah EL MALAKI- Formation Solvabilité II, INSEA, Décembre 2016

Fédération Marocaine des sociétés d'assurance et de réassurance, Situation liminaire 2016

Webographie

<http://www.leconomiste.com/article/970408-assurancesun-modele-de-solvabilite-base-sur-les-risquespar-abdelmoumen-berjaoui>

<https://acpr.banque-france.fr/solvabilite2>

www.fmsar.org.ma

www.bkam.ma

www.ressources-actuarielles.net