



المندوبية السامية للتخطيط
HAUT-COMMISSARIAT AU PLAN

ROYAUME DU MAROC
*_**_*_*
HAUT COMMISSARIAT AU PLAN
*_**_*_*_*_*_*_*_*_*
INSTITUT NATIONAL
DE STATISTIQUE ET D'ECONOMIE APPLIQUEE



INSEA

Projet de Fin d'Etudes

La Solvabilité Basée sur les Risques Application à un produit d'assurance vie D'AXA ASSURANCE MAROC

Préparé par : *M^{elle} Chaymae KHATIR*

Sous la direction de : *M. Fouad MARRI* (INSEA)
M. Yassine DAOUDI (AXA ASSURANCE 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. Mohammed EL HAJ TIRARI* (INSEA)
- *M. Fouad MARRI* (INSEA)
- *M. Yassine DAOUDI* (AXA ASSURANCE MAROC)

Juin 2018 / **PFE N° 24**

Résumé

Dans le but de la redéfinition de la marge de solvabilité en fonction des risques, le secteur d'assurance marocain migrera vers les normes de la Solvabilité basée sur les risques (SBR), qui est en passe de devenir la nouvelle réforme réglementaire marocaine. Dans cette perspective, l'Autorité de Contrôle des Assurances et de la Prévoyance Sociale (ACAPS) a diffusé le projet du circulaire au secteur afin de consulter et discuter ces nouvelles normes prudentielles.

Avant d'implémenter la nouvelle réforme prudentielle, les entreprises d'assurance et de réassurance ainsi que les régulateurs, doivent évaluer l'impact des nouvelles exigences sur le secteur d'assurance marocain.

L'étude menée dans ce projet, consiste à appliquer les nouvelles normes réglementaires sur un produit d'assurances vie, épargne retraite, en se focalisant sur le premier pilier de la réforme SBR, le pilier quantitatif.

Pour ce faire, ce projet propose, en premier lieu, une modélisation des passifs qui s'avère nécessaire pour déterminer les lois de rachat, de reversement et de maturité. Ensuite, nous serons amenés à projeter nos cash-flow afin d'évaluer le Best Estimate. Et pour finir, nous allons étudier la sensibilité du capital par rapport à des chocs.

Mots clés : SBR, modélisation, projection, rachat, Best Estimate (BE), cash-flow

Dédicace

Je dédie ce travail,

A mes très chers parents

Qui n'ont économisé aucun effort pour que je puisse être ce que je suis.

Aucun mot n'exprimera ma profonde gratitude pour tout l'amour, le soutien, les sacrifices et la confiance que vous me faites

A ma chère sœur Hajar et mes chers frères Yassine et Tahia

Je vous remercie pour votre soutien et encouragement

A mes adorables neveux Yasser, Ismail et Ilyas

A toute ma famille

Je vous remercie de tout cœur

*A mes chers amis : Hiba, Aimane, Lamyae, Soukayna, Ali, Lamyae,
Younes, Zineb ...*

Sachez que tous les jours que nous avons passés resteront gravés dans ma mémoire.

KHAIR Chaymae

Remerciement

Mes plus profonds remerciements vont en premier lieu à Monsieur Mohamed BOUMASSAOUD, le Directeur du Risque Management, qui m'a offert l'opportunité de réaliser mon stage de fin d'étude au sein de son équipe.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements et mon profond respect à mes encadrants M. Yassine DAOUDI et M. Fouad MARRI pour leur aide, leur disponibilité et leurs précieux conseils.

Mes remerciements s'adressent également à toute l'équipe de risque management pour leur bienveillance et pour leur soutien.

Tous mes sincères reconnaissance vont pour le corps professoral de l'Institut National de Statistique et Economie Appliquée pour leur formation de valeur et pour tout ce qui nous a appris.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce que ce travail aboutisse à son terme.

Liste des figures

Figure 1: L'historique d'AXA Assurance Maroc.....	13
Figure 2: Organigramme de la direction du Risque Management.	16
Figure 3 Risques couverts par la direction RM.	17
Figure 4 Le progrès du chiffre d'affaire du secteur d'assurance.	19
Figure 5 Répartition des émissions par sous catégories.	19
Figure 6 Part dans les émission vie en 2017.	20
Figure 7 Eléments constitutifs de la marge de solvabilité.	28
Figure 8 Extrait des Principes de Base d'Assurance (PBA, 1 ^{er} Octobre 2011).....	33
Figure 9 Les principes de base de l'Assurance	34
Figure 10 Bilan économique	35
Figure 11 Les 3 piliers du SBR	36
Figure 12 modules de risque.	38
Figure 13 Scénario après réalisation des risques.....	39
Figure 14 Taux de rachat en fonction de l'âge.....	45
Figure 15 Taux de rachat en fonction de l'âge après discrétisation.....	47
Figure 16 Taux de rachat en fonction d'ancienneté.....	48
Figure 17 Taux de rachat en fonction de l'ancienneté après discrétisation.....	49
Figure 18 Graph d'âge après regroupement des classes.....	52
Figure 19 la courbe de ROC.....	53
Figure 20 Renseignement des hypothèses.....	58
Figure 21 Interface de projection.....	59
Figure 22 projection des réserves.....	62
Figure 23 Taux de rachat partiel en fonction d'âge.....	72
Figure 24 Taux de rachat partiel en fonction d'âge après discrétisation.....	73
Figure 25 Taux de rachat partiel en fonction d'ancienneté.....	74
Figure 26 Taux de rachat partiel en fonction d'ancienneté après discrétisation.....	75
Figure 27 Warning message !.....	76
Figure 28 Taux de rachat partiel en fonction d'âge après regroupement des classes.....	77
Figure 29 Taux de sortir en capital par âge.....	80
Figure 30 Taux de sortir en capital par âge après discrétisation.....	81
Figure 31 Taux de sortir en capital par ancienneté.....	82
Figure 32 Taux de sortir en capital par ancienneté après discrétisation.....	83
Figure 33 Warning message.....	84
Figure 34 Taux de sortir en capital par ancienneté après regroupement des classes.....	85
Figure 35 Récapitulatif sur la sélection séquentiel.....	85
Figure 36 La courbe de ROC.....	87

Liste des tableaux

Tableau 1	Corrélation entre âge et ancienneté.....	45
Tableau 2	Base des rachats totaux.....	50
Tableau 3	Estimation par l'analyse du maximum de vraisemblance (Rachat total).....	51
Tableau 4	Estimation par l'analyse du maximum de vraisemblance après la discrétisation (Rachat total).	52
Tableau 5	Validation du modèle (Rachat total).....	53
Tableau 7	Calcul de Best Estimate.....	63
Tableau 8	Corrélation entre âge et ancienneté (Rachat partiel).	71
Tableau 9	Base des rachats partiels.....	76
Tableau 10	Estimation par l'analyse du maximum de vraisemblance (Rachat partiel).....	78
Tableau 11	Validation du modèle (Rachat partiel).	78
Tableau 12	Corrélation entre l'âge et l'ancienneté (Maturité).	79
Tableau 13	Table de maturité.	84
Tableau 14	Estimation par l'analyse du maximum de vraisemblance (maturité).	86
Tableau 15	Validation du modèle (maturité).	86
Tableau 16	Corrélation entre âge et ancienneté (reversement).	88
Tableau 17	Table de reversement.	89
Tableau 18	Analyse des effets éligibles pour une entrée (Reversement).	89
Tableau 19	Estimation par l'analyse du maximum de vraisemblance (Reversement).....	90
Tableau 20	Test de l'hypothèse nulle globale (Reversement).	90

Table des matières

Partie I : Cadre général

I. Organisme d'accueil	13
1. AXA Assurance Maroc	13
Historique.....	13
Métier.....	14
Les expertises d'AXA Assurance Maroc.....	15
2. Direction Risk Management	16
Organigramme	16
Fonctionnement.....	17
II. Assurance vie	18
1. L'assurance vie au Maroc	18
2. Produits d'assurance vie	20
i. Types de garanties	20
ii. Types de contrats.....	21
3. Produits étudiés	22
i. Produit FI	22
I. Le cadre prudentiel actuel	25
1. Règles d'évaluation des Provisions techniques	25
i. Provisions mathématiques	25
ii. Provision de gestion	26
iii. Autres provisions	26
2. La marge de solvabilité	27
i. Eléments constitutifs de la marge de solvabilité.....	27
ii. Exigence minimale de la marge de solvabilité.....	28
3. Limites de la réglementation prudentielle actuelle	29
II. La réforme Solvabilité Basée sur les Risques	32
1. Les principes de base d'assurance (PBA/ICP)	32
2. Bilan prudentiel	34
3. Les trois piliers de la SBR	36
i. Pilier 1 : Exigences quantitatives.....	36
ii. Pilier 2 : Exigences qualitatives.....	37
iii. Pilier 3 : Information	37
4. Exigences de capital de solvabilité (SCR)	38

i.	Risque du marché.....	39
ii.	Risque de contrepartie.....	39
iii.	Risque de concentration.....	39
iv.	Risque de souscription (Vie).....	40
I.	Modélisation du passif.....	42
1.	Modèle logistique.....	42
i.	Modèle.....	42
ii.	Estimation des paramètres.....	42
iii.	Validation du modèle.....	43
iv.	Stepwise :.....	43
2.	Modélisation du rachat total.....	44
i.	Les variables explicatives.....	44
ii.	Rachat en nombre.....	44
3.	Modélisation du rachat Partiel.....	54
4.	Modélisation de reversement.....	54
5.	Modélisation de la maturité.....	55
I.	Projection des cash-flow.....	57
1.	Les hypothèse.....	57
2.	Model point.....	58
3.	Modèle de projection.....	59
i.	Nombre d'adhérents.....	59
ii.	Primes.....	59
iii.	Réserve.....	60
iv.	Prestations.....	60
v.	Chargement de gestion.....	61
vi.	Frais de gestion.....	61
4.	Analyse de projection :.....	61
5.	Le Best Estimate.....	62
II.	Implémentation des chocs.....	64
1.	Risque du rachat.....	64
2.	Risque mortalité et longévité :.....	65
3.	Risque du taux d'intérêt.....	65
4.	Risque des frais.....	66
5.	Risque inflation.....	66
	ANNEXE 1 : Modélisation du rachat Partiel.....	71
	ANNEXE 2 : Modélisation de la maturité.....	79
	ANNEXE 3 : Modélisation de reversement.....	88

Introduction générale

L'assurance est un vecteur de développement socio-économique. Elle prend part au développement social en améliorant les conditions de vie des populations par la protection des individus, des ménages et des entreprises contre des risques divers, et par le renforcement du système de protection social. Economiquement, l'assurance contribue fortement au financement de l'économie du pays, en plaçant les fonds collectés (les primes).

Le secteur d'assurance se caractérise aussi par l'inversion de cycle de production, ce qui rend son activité complexe et aléatoire. Afin de préserver l'impact social de l'assurance et son rôle dans le financement de l'économie, ce secteur doit être soumis à un contrôle spécifique. Le cadre réglementaire actuel, auquel les entreprises d'assurance et de réassurance sont soumis, présente l'avantage d'être simple et intuitif pour la prise de décision, mais, il représente aussi de nombreuses limites, notamment, la non prise en compte de la diversité des risques et de leurs spécificités.

Dans ce contexte, le secteur d'assurance prépare son passage vers les normes de la nouvelle réglementation prudentielle, la Solvabilité Basée sur les risques. Cette nouvelle réforme impose un ajustement des fonds propres des entreprises d'assurance et de réassurance afin de faire face à leurs engagements, en prenant en considération les risques auxquels elles sont confrontées.

L'objet du présent travail est donc d'appliquer ces nouvelles normes à un produit d'assurance vie d'AXA ASSURANCE MAROC. Pour ce faire, on commence tout d'abord par la présentation de l'organisme d'accueil et le secteur d'assurance vie au Maroc, puis, on définit le cadre réglementaire actuel, ses limites et la transition vers la SBR. Dans la troisième partie de ce travail, nous entamerons les modélisations nécessaires pour la projection des flux. Et finalement la dernière partie est consacrée à l'étude des projections et l'analyse des chocs sur le Best Estimate.

Partie I

Cadre général

I. Organisme d'accueil

1. AXA Assurance Maroc

"Chaque jour, nous nous engageons afin d'offrir la meilleure qualité de service à nos clients. Pour y parvenir, nous devons sans cesse intensifier nos efforts en nous appuyant sur les trois attitudes fondamentales AXA « disponible, attentionné et fiable ». Ainsi, il s'agit d'aller au-delà des promesses et d'apporter des preuves concrètes de notre ambition à travers des actions que nous mettons en œuvre. En tant qu'entreprise responsable, nous veillons à agir de manière exemplaire et à entretenir des relations transparentes avec nos assurés et nos partenaires. Portée au quotidien par nos collaborateurs et nos agents généraux, cette démarche vers l'excellence est aujourd'hui essentielle pour faire face aux défis à venir."

Philippe Rocard

Président Directeur Général d'AXA Assurance Maroc

Historique

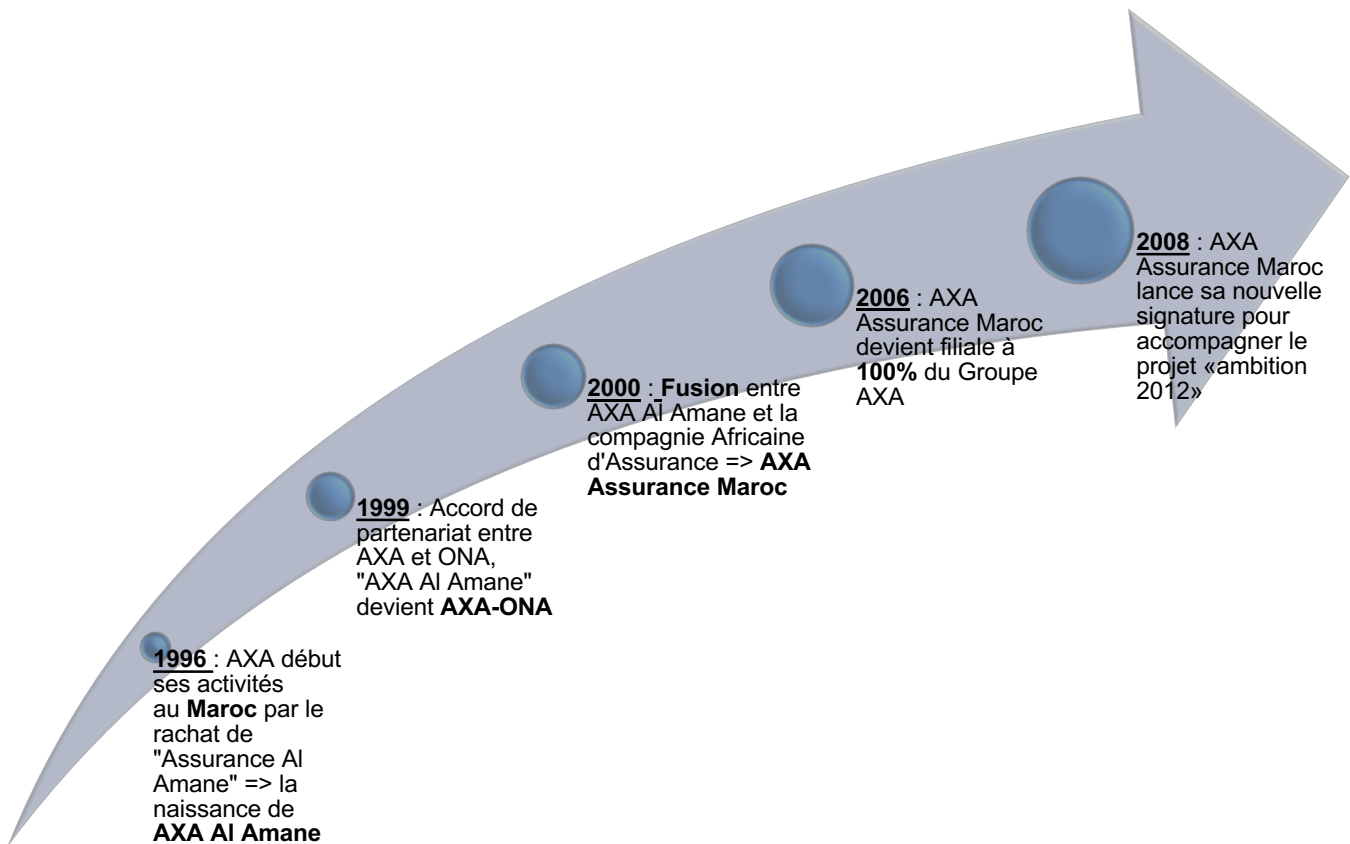


Figure 1: L'histoire d'AXA Assurance Maroc

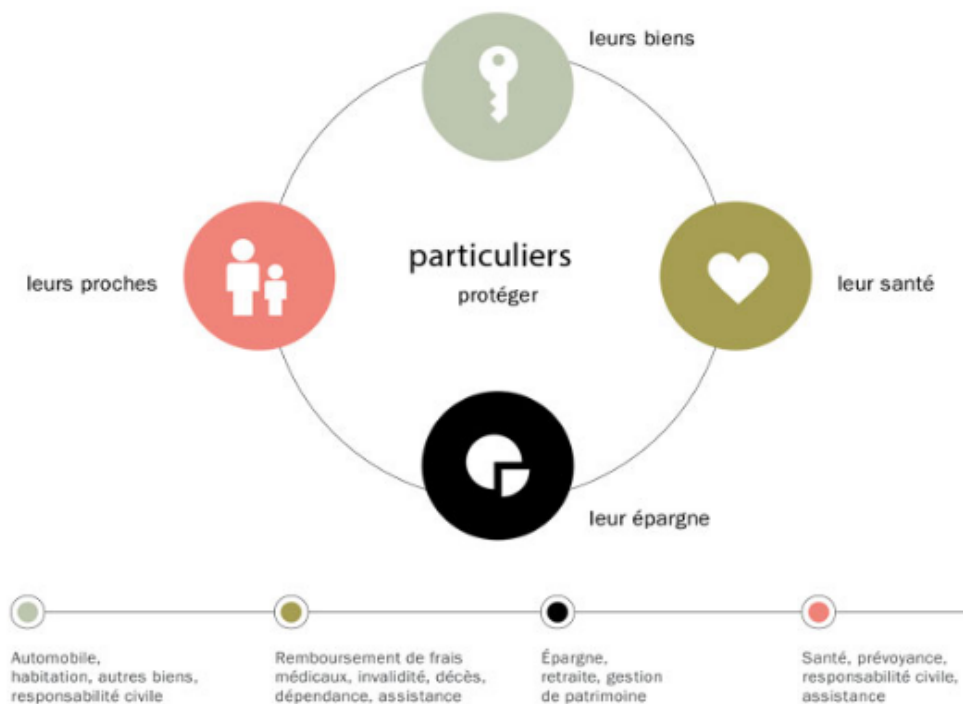
Le Groupe AXA est un groupe d'assurance français, qui représente la première marque mondiale d'assurance pour la neuvième année consécutive. Il a débuté ses activités au Maroc en 1996, par le rachat d'assurance Al Amane, ce rachat qui a fait naître AXA AL AMANE. En 1999, AXA AL AMANE devient AXA-ONA après un accord de partenariat entre le Groupe AXA et le premier groupe industriel et financier privé marocain ONA (Omnium Nord-Africain).

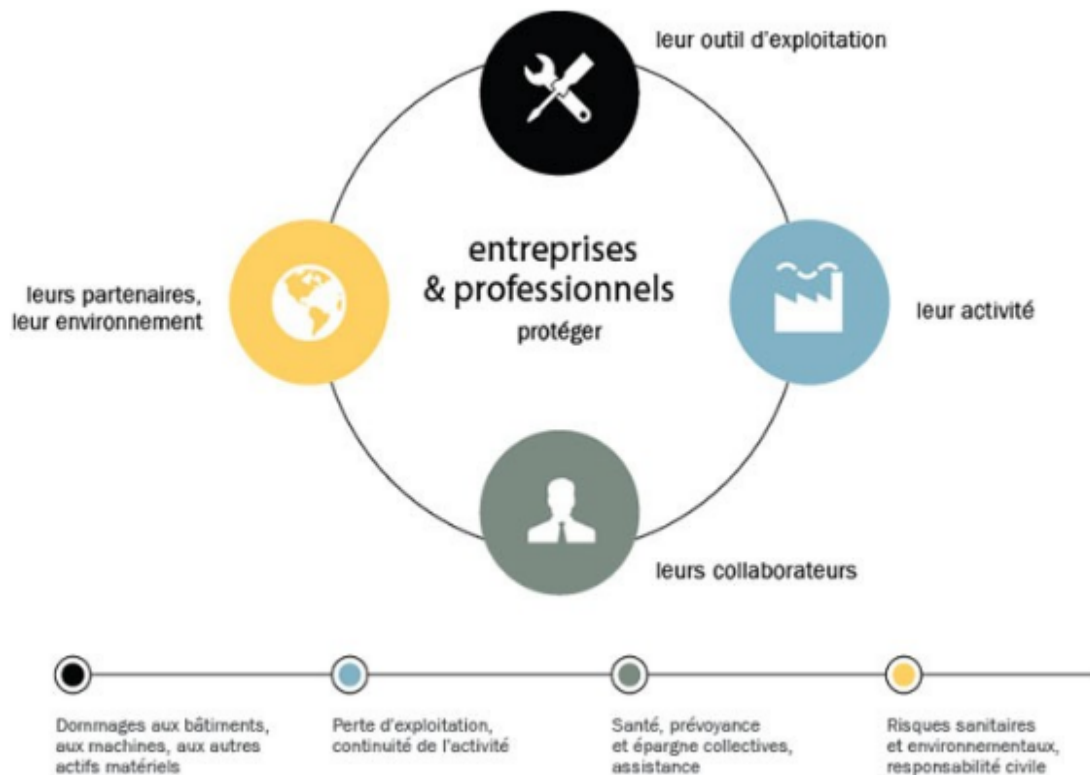
Après sa création en 2000 d'une fusion entre AXA AL AMANE et la Compagnie Africaine d'Assurance, AXA Assurance Maroc devient 100% une filiale du Groupe AXA qui a racheté la part de l'ONA en 2006. En 2008, AXA Assurance Maroc lance sa nouvelle signature pour accompagner le projet «ambition 2012».

➔ Projet « ambition 2012 » : le but est de fixer l'objectif de devenir la société préférée de son secteur à l'horizon 2012

Métier

Métier d'AXA Assurance Maroc est protéger ses clients : particuliers et entreprises.





Les expertises d'AXA Assurance Maroc

L'objectif d'AXA Assurance Maroc est de protéger ses clients, particuliers et entreprises, grâce à ces deux expertises :

- Assurance vie, épargne, retraite

Les contrats d'assurance vie, individuels et collectifs, offrent une protection de santé (gestion et remboursement des frais médicaux), de prévoyance (décès et invalidité) et une gestion de l'épargne.

L'aspect de protection de santé et de prévoyance répond aux risques qui portent atteinte à la personne, quant à la gestion d'épargne, elle permet de financer un projet, une retraite ou un patrimoine.

- Assurance dommage

Les contrats d'assurance dommage protègent contre les dommages aux biens (par exemple automobile et habitation) et couvre la responsabilité tant civile que professionnelle.

2. Direction Risk Management

La direction de Risk Management est la direction responsable de la mise en place d'un environnement favorable de la gestion des risques. Il s'assure de la définition et du suivi de l'Appétit au Risque sur les risques assurantiels (vie et Non Vie), financiers et opérationnels selon quatre dimensions : résultat, valeur, solvabilité et liquidité.

Organigramme

La direction de Risk Management est placée sous la responsabilité du CRO (Chief Risk Officer), lequel est rattaché directement au CEO (Chief Executive Officer) et au CRO du Groupe AXA.

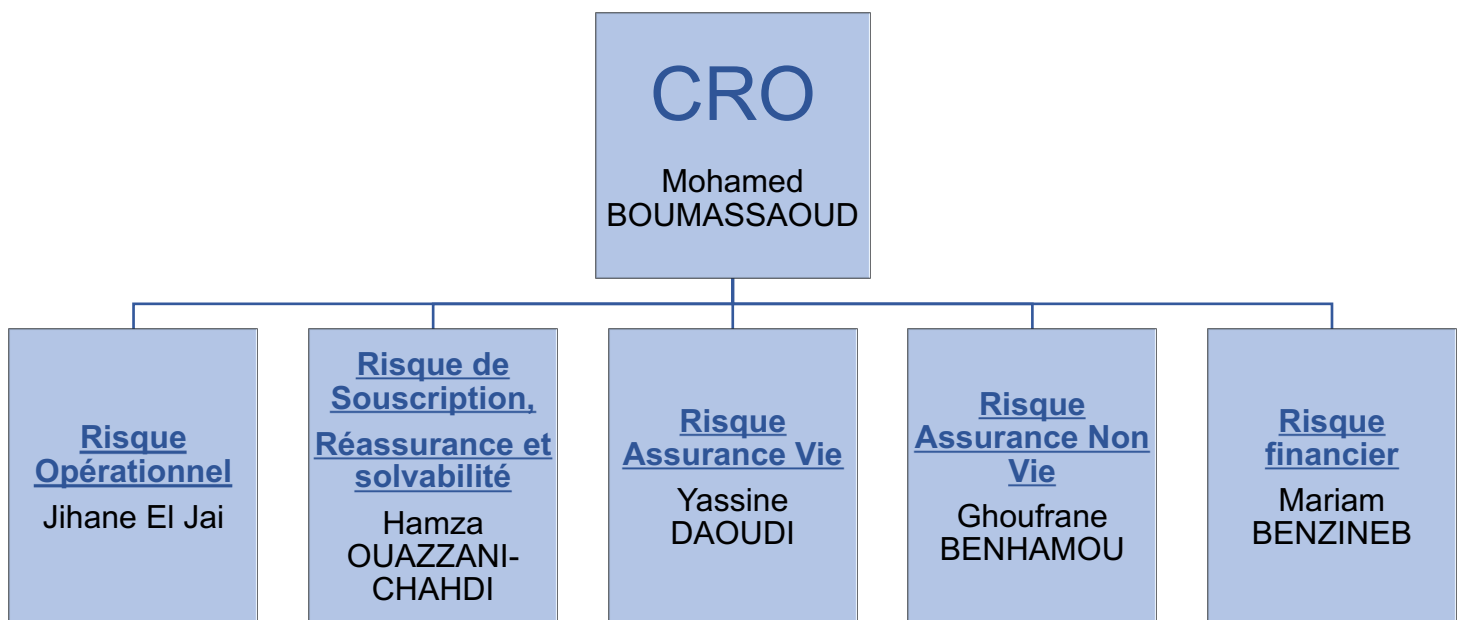


Figure 2: Organigramme de la direction du Risk Management.

Fonctionnement

La direction de Risque Management diffuse la culture risque au sein de l'entreprise sur son périmètre d'activité. Il vérifie que les risques pris sont conformes aux politiques et limites définies par le Groupe et les entités de son périmètre.

L'ensemble des risques couverts par la direction RM est organisé selon quatre natures de risques :

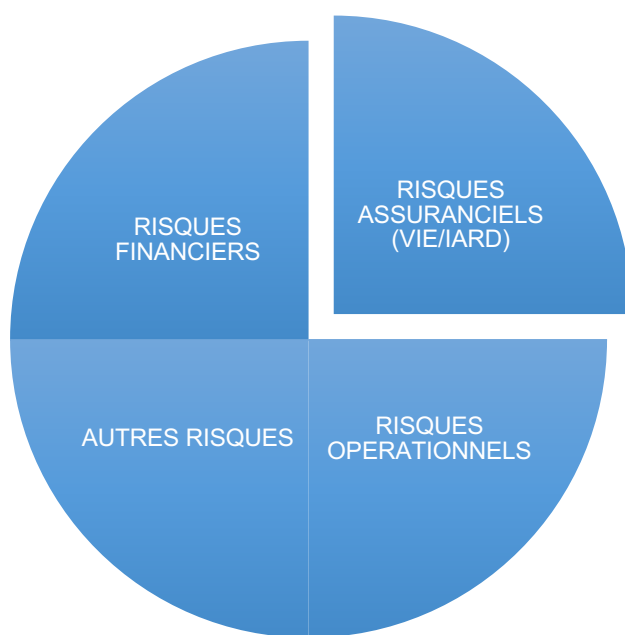


Figure 3 Risques couverts par la direction RM.

La Direction Risk Management:

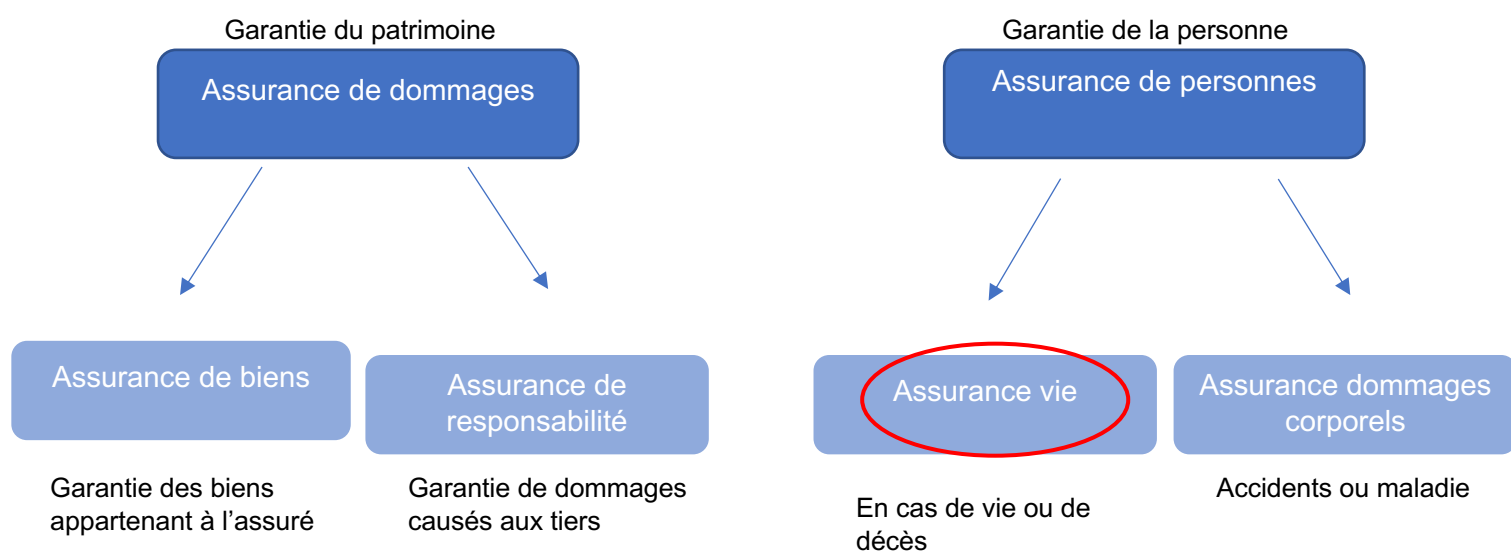
- S'assure de la définition et du suivi de l'Appétit au Risque sur les risques techniques, financiers et opérationnels.
- Evalue les risques (techniques, financiers et opérationnels,...) auxquels la compagnie est exposée, à travers des méthodologies adéquates ;
- Gère et suit les incidents financiers et techniques remontés par les entités opérationnelles;
- Applique et diffuse les standards et méthodes du Groupe AXA en matière de Risk Management ;

- Exprime une 2ème opinion quant à l'adéquation/suffisance des réserves Vie & Non Vie conformément aux standards.
- Exprime une 2ème opinion concernant les différents périmètres conformément aux standards.
- Evalue et surveille l'évolution de la marge de solvabilité

II. Assurance vie

1. L'assurance vie au Maroc

L'assurance est un vecteur de développement socio-économique :



Le secteur des assurances marocain connaît une progresse constante. Le Maroc est le deuxième plus grand marché d'assurances en Afrique derrière l'Afrique du sud, et le troisième dans la région MENA (Middle East and North Africa) derrière l'EAU (Émirats arabes unis) et l'Arabie saoudite.

L'activité de ce secteur a enregistré en 2017 un progrès important, Le montant des émissions a connu une croissance de 10,9% en 2017, réalisant ainsi **38,73** milliards de dirhams contre **34,91** milliards de dirhams un an auparavant.

<i>En millions de dirhams</i>	Exercice 2016	Exercice 2017	Variation	Part dans le chiffre d'affaires total en 2017
Affaires directes	34 914,80	38 733,40	10,9%	95,3%
Acceptations en réassurance	2 346,80	1 919,30	-18,2%	4,7%
TOTAL	37 261,60	40 652,70	9,1%	100,0%

Figure 4 Le progrès du chiffre d'affaire du secteur d'assurance.

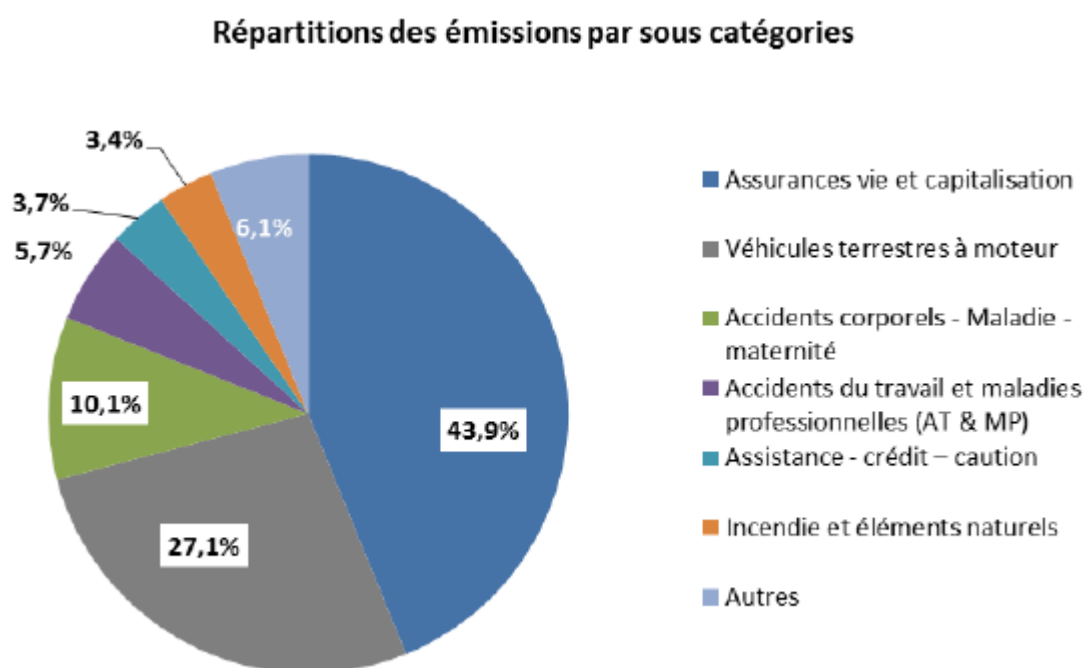


Figure 5 Répartition des émissions par sous catégories.

L'évolution du secteur d'assurance est due au progrès de la brache vie et capitalisation, elle occupe 43,9% de part des émissions de ce secteur. Les émissions de cette branche est dominée par les assurances dédiées à l'épargne représentant 80,3%.

<i>En millions de dirhams</i>	2016	2017	Variation 2017/2016	Part dans les émissions vie en 2017
Epargne	11 087,0	13 633,9	23,0%	80,3%
Décès	2 685,0	2 735,1	1,9%	16,1%
Contrats à capital variable (UC)	493,6	584,9	18,5%	3,4%
Autres opérations vie	27,1	30,8	14,0%	0,2%
Assurances vie et capitalisation	14 292,6	16 984,7	18,8%	100,0%

Figure 6 Part dans les émissions vie en 2017.

Le secteur d'assurance au Maroc est constitué de 21 acteurs dont deux sont des réassureurs. 81% des primes émises sont captées par 8 premiers acteurs : Wafa Assurance, Royale Marocaine d'Assurance, Saham Assurance, AXA Assurance, Mutuelle Attamine Chaabi, Atlanta, Sanad et la Marocaine Vie.

2. Produits d'assurance vie

Un contrat d'assurance sur la vie est un contrat par lequel, en contrepartie de versements uniques, périodiques ou libres des primes, l'assureur garantit des prestations dont l'exécution dépend de la survie ou du décès de l'assuré.

i. Types de garanties

➤ Assurance vie entière :

L'assurance vie entière assure le versement d'une prestation aux bénéficiaires désignés en cas de décès de l'assuré, quelle qu'en soit la date.

➤ Assurance temporaire décès :

Assurance garantissant le paiement d'une prestation en cas de décès de l'assuré à condition que le décès survienne avant une date déterminée au contrat. Si l'assuré survit jusqu'à cette date, aucune prestation n'est due par l'assureur et les primes lui sont acquises.

➤ Capital différé :

Dotation pure n année garantissant le versement d'un capital au bout des n années à condition que le souscripteur est encore vivant.

➤ Assurance mixte :

L'assurance mixte n années assure le paiement d'une prestation de décès si le décès survient dans les n premières années ou le versement d'un capital à la fin du contrat si l'assuré est encore vivant.

ii. Types de contrats

➤ Prévoyance :

Les contrats de prévoyance sont des contrats qui protègent les individus contre des événements imprévus qui peuvent modifier leur vie. Ils couvrent les risques liés au décès, maladie, invalidité et incapacité de travail.

➤ Epargne :

Les contrats d'épargne sont des contrats de capitalisation qui assurent au souscripteur, à l'échéance, le versement d'un capital (ou une rente) au moins égal aux primes versées par l'assuré. Ces primes sont revalorisées chaque année par un taux moyen garanti (TMG : c'est le taux technique d'actualisation fixé par l'ACAPS) et majorées par une participation aux bénéfices (PB).

➤ CIMR (cas d'AXA) :

Le contrat de CIMR constitue une partie importante de la réserve globale de AXA Assurance Maroc, même s'il n'est plus commercialisé depuis 2003, il est en phase de Run-Off. Ce produit permet l'attribution d'une rente viagère.

Il n'y a plus de primes versées, Axa gère seulement le stock des rentes relatives aux assurés ayant opté pour la sortie en rente.

3. Produits étudiés

Dans le cadre de notre étude, nous allons travailler sur un produit épargne retraite présenté ci-après :

i. Produit FI

Le contrat Epargne-retraite FI a pour objectif d'accorder les garanties suivantes :

- Garantie de base :

La constitution et le service d'une retraite moyennant le versement de primes d'épargne périodiques et éventuellement de versements supplémentaires qui sont affectés au compte épargne retraite et revalorisés chaque année à un taux d'intérêt annuel minimum garanti (TMG), augmenté de la participation aux bénéfices (PB).

- Garantie complémentaire :

Le paiement d'un capital complémentaire en cas de décès ou d'invalidité absolue et définitive de l'assuré avant 65 ans.

Article 18 : Règlement en cas de décès ou d'invalidité absolue et définitive de l'assuré

« En cas de décès de l'assuré avant le terme du contrat, nous versons, au(x) bénéficiaire(s) désigné(s) ou à défaut à ses ayants droit, le montant total du compte épargne retraite augmenté du capital décès.

Le capital décès versé est déterminé aux conditions particulières.

En cas d'invalidité absolue et définitive de l'assuré, les prestations dues lui sont versées directement. »

L'âge normal de départ à la retraite ouvrant droit aux prestations est fixé à 60 ans. Cependant, l'assuré a la faculté de demander la liquidation de ses droits à partir de 50 ans. La garantie du contrat peut être prorogée au-delà de 60 ans.

Paiement des primes :

les primes d'épargne sont payables au choix de l'assuré par mois, par trimestre, par semestre ou par an. Quant aux versements supplémentaires, l'assuré a la possibilité de les effectuer à n'importe quel moment.

Partie II

Cadre réglementaire

I. Le cadre prudentiel actuel

Contrairement aux entreprises industrielle, les entreprises d'assurances se distinguent par l'inversion de leur cycle de production, l'assureur connaît son chiffre d'affaire avant de connaître le montant des prestations qu'il devra servi.

C'est dans cette optique que l'assureur doit constituer des provisions techniques suffisants, adapter une politique d'investissement prudente et construire des fonds propres nécessaires pour faire face aux chocs imprévus.

Afin d'assurer le respect des engagements des assureurs, une réforme de cadre réglementaire s'avère nécessaire. Chaque réforme propose des approches de calcul des provisions techniques et du capital réglementaire.

1. Règles d'évaluation des Provisions techniques

Pour que l'assureur arrive à couvrir ses engagements, il doit constituer des provisions suffisantes et prudentes, c'est-à-dire les montants à constituer doivent être nécessairement supérieurs aux montants probables.

En non-vie, l'assureur doit évaluer non seulement des sinistres survenus connus mais aussi des sinistres survenus inconnus et des sinistres non survenus. Et dans ses évaluations des provisions mathématiques en vie, l'assureurs doit utiliser des taux prudents et des tables de mortalité prudentes qui surestime la mortalité.

On présente ci-après les provisions techniques des opérations d'assurances vie, décès et de capitalisation :

i. Provisions mathématiques

La provision mathématique représente la différence entre les valeurs actuelles des engagements respectivement pris par l'assureur et les assurés :

$$PM_k = VAP(\text{engagements futurs d'assureur})_k - VAP(\text{engagements futurs d'assuré})_k$$

Avec VAP : valeur actuelle probable

ii. Provision de gestion

La provision de gestion est destinée à couvrir les charges de gestion futures des contrats non couvertes par ailleurs. Elle est calculée pour chaque groupe homogène de contrats, et elle est égale à la différence entre la valeur actuelle probable des charges futures et la valeur actuelle probable des ressources futures de gestion :

$$PDG_k = VAP(charges\ futures\ de\ gestion)_k - VAP(ressources\ futures)_k$$

iii. Autres provisions

➤ Provision pour capitaux et rentes à payer :

C'est la valeur des capitaux et rentes échus et restant à payer à la date de l'inventaire.

➤ Provision pour participation aux bénéfices :

C'est le montant des participations aux bénéfices techniques et financières attribuées ou à attribuer aux bénéficiaires du contrat. Le taux de cette participation ne doit pas être inférieure à 70%.

Le montant des participations des assurés aux bénéfices est affecté à la provision mathématique ou inscrit dans des comptes individuels ou versé aux souscripteurs, au cours des trois exercices suivants.

➤ Provision pour fluctuations de sinistralité :

Provision destinée à faire face aux fluctuations de la sinistralité afférentes aux opérations d'assurance de groupe en cas de décès.

Cette provision est alimentée, pour chacun des exercices successifs, par un prélèvement d'au moins 70% de l'excédent dû à la mortalité effectivement constaté au cours de l'exercice.

Cet excédent résulte de la différence entre, d'une part, 80% des primes acquises en assurances de groupe en cas de décès et, d'autre part, le montant de la charge des sinistres.

Le prélèvement cesse d'être opéré, lorsque le niveau de la provision atteint la moyenne des primes émises des trois derniers exercices.

➤ Provision de capitalisation :

Provision destinée à parer à la dépréciation des valeurs comprises dans l'actif de l'entreprise et à la diminution de leur revenu.

La provision de capitalisation fait partie des éléments constitutifs de la marge de solvabilité.

➤ Provision pour aléas financiers :

Provision destinée à compenser la baisse de rendement de l'actif.

➤ Provision pour risque d'exigibilité :

Provision destinée à faire face aux engagements dans le cas de moins-value de l'ensemble des actifs.

Cette provision est calculée par nature des placements, si la valeur comptable des placements est supérieure à la valeur de réalisation des placements.

Dans ce cas, la provision à constituer est égale à :

$$PRE = \text{valeur comptable des placements} - \text{valeur de réalisation des placements}$$

2. La marge de solvabilité

i. Eléments constitutifs de la marge de solvabilité

L'autorité de contrôle au Maroc, l'ACAPS, exige que les compagnies d'assurances remettent à l'autorité de contrôle un état appelé ETAT D-08 qui a pour but d'expliciter le calcul de la marge de solvabilité.

Sur cet état, on trouve les éléments constitutifs de la marge de solvabilité sont présentés comme suit :

Éléments constitutifs de la marge de solvabilité	Eligibilité
1. Capital social ou fonds d'établissement constitué 2. Les réserves de toute dénomination, réglementaires ou libres, ne correspondant pas aux engagements; 3. La provision de capitalisation; 4. L'emprunt pour augmentation du fonds d'établissement pour les sociétés d'assurances mutuelles; 5. Les bénéfices reportés; 6. Les plus-values nettes n'ayant pas un caractère exceptionnel résultant de placements affectés aux opérations vie Les plus-values nettes n'ayant pas un caractère exceptionnel résultant de placements affectés aux opérations non vie et d'acceptations	<ul style="list-style-type: none"> • 100% • 100% • 100% • 100% • 20% • 60%
MOINS: <ul style="list-style-type: none"> • Les pertes • Les amortissements restant à réaliser sur les comptes des postes « immobilisations en non valeurs » et « immobilisation incorporelles » • Les charges d'acquisition reportées • Les actions propres détenues • Les placements dans les filiales non cotées autres que les sociétés immobilières • Les plus-values des placements dans les filiales et actions propres • Les engagements données hors bilan 	

Figure 7 Eléments constitutifs de la marge de solvabilité.

ii. Exigence minimale de la marge de solvabilité

L'état D-08 exige la méthode de calcul de la marge de solvabilité, il est présentée comme suit :

❖ Contrats "vie" autres que ceux à capital variable :

$$MS_{CNV} = (PM + PDG)_{brutes\ de\ cession\ en\ réassurance} * Tr_1 * 5\% + \sum_i CSR_i * r_i * Tr_2$$

Avec :

$$Tr_1 = \max\left(\frac{(PM + PDG)_{nettes\ de\ cession\ en\ réassurance}}{(PM + PDG)_{brutes\ de\ cession\ en\ réassurance}}; 85\%\right)$$

$$Tr_2 = \max\left(\frac{total\ des\ capitaux\ sous\ risques\ non\ négatifs\ bruts\ de\ cession\ en\ réassurance}{capitaux\ sous\ risques\ après\ cession\ en\ réassurance}; 50\%\right)$$

$$r_i = \begin{cases} 0.003 & \text{Toutes assurances à l'exclusion des temporaires décès de durée inférieure ou égale à 5 ans} \\ 0.0015 & 3 < TD \leq 5 \\ 0.001 & TD \leq 3 \end{cases}$$

❖ Contrats à capital variable :

Dans le cas des contrats d'assurance sur la vie à capital variable, le capital ou la rente garanti est exprimé, totalement ou partiellement, en unités de compte dites valeurs de référence. Ces unités de compte sont constituées de valeurs mobilières ou de titres figurant sur une liste fixée par circulaire de l'Autorité et prenant en considération la sécurité et la rentabilité de ces valeurs ou titres.

$$MS_{cv} = (PM + PDG)_{brutes\ de\ cession\ en\ réassurance\ (lorsque\ l'entreprise\ n'assume\ pas\ le\ risque\ de\ placement)} * 1\ \% \\ + (PM - PDG)_{brutes\ de\ cession\ en\ réassurance\ (lorsque\ l'entreprise\ assume\ le\ risque\ de\ placement)} * \\ 4\ \% + CSR_{bruts\ de\ cession\ en\ réassurance} * Tr_3 * 0.3\ \%$$

Avec :

$$Tr_3 = \max\left(\frac{CSR_{nets\ de\ cession\ en\ réassurance}}{CSR_{bruts\ de\ cession\ en\ réassurance}} ; 50\ \%\right)$$

Ainsi la marge de solvabilité est définie comme suit :

$$MS = MS_{CNV} + MS_{cv}$$

3. Limites de la réglementation prudentielle actuelle

La réglementation prudentielle actuelle au Maroc présente l'avantage d'être simple et facilement contrôlable. Mais elle présente aussi plusieurs limites telles que :

- La non prise en compte de la diversité des risques ;
- Le minimum de marge de solvabilité réglementaire ne reflète pas tous les risques réellement porté par l'assureur ;
- Quasi absence (la rareté) des normes en matière de gouvernance ;
- Mal évaluation des risques de marché ;
- Bilan comptable et non économique.

On prend un exemple qui illustre les limites de la réforme actuelle en ce qui concerne le risque de mortalité :

Exemple : Risque de mortalité (âge)

Soient deux entreprises d'assurance, A et B, qui ont un portefeuille homogène de 100 contrats de produit temporaire décès sur une année renouvelable. Le capital garanti est de 40000 DH.

Ces entreprises d'assurance commercialisent le produit temporaire décès avec une prime mensuelle de 600 DH.

On a donc :

- Produit temporaire décès sur une année renouvelable => PM=0
- Hypothèses :
 - Pas de couverture de réassurance => $Taux\ de\ rétention_2 = 1$
 - TD < 3ans => $r = 0.001$

Ainsi, on trouve les marges de solvabilité suivantes :

$$MS_A = 100 * (40000 * 0.001 * 1) = 4000$$

$$MS_B = 100 * (40000 * 0.001 * 1) = 4000$$

Pour les mêmes hypothèses on a trouvé la même marge de solvabilité pour les deux entreprises, on comprend alors que ces deux entreprises se couvrent contre les risques par la même marge.

D'autre part, on constate que l'âge moyen est différent pour chacune des deux entreprises, tel que :

- L'âge moyen des assurés pour l'entreprise A est égal à 60
- L'âge moyen des assurés pour l'entreprise B est égal à 35

Comme le risque de mortalité augmente avec l'âge, on peut remarquer que le risque est plus important pour l'entreprise A, alors qu'elle constitue la même marge de solvabilité que l'entreprise B !

De ce fait, la marge de solvabilité dans le cadre réglementaire actuel ne reflète pas tous les risques réellement encourus par l'assureur.

II. La réforme Solvabilité Basée sur les Risques

Le principe de la réforme de Solvabilité Basée sur les Risques (SBR) consiste à prendre en compte l'ensemble des risques encourus par l'entreprise d'assurance (dans le cadre actuel, seul le risque de souscription est pris en compte), et à renforcer les systèmes de gouvernance et la gestion des risques, tout en se conformant aux normes internationales (les principes de base d'assurance : PBA /ICP : Insurance Core Principales).

1. Les principes de base d'assurance (PBA/ICP)

Les principes de base d'assurance PBA (Insurance Core Principales ICP) sont des règles prudentielles internationales édictées par l'association internationale des superviseurs d'assurance l'IAIS (International Association of Insurance Supervisors).

Ils représentent un référentiel de supervision et de contrôle pour les pays membres de l'IAIS et il s'appliquent à toutes les juridictions quel que soit le niveau de développement des marchés d'assurance et le type de produit. Ces PBA sont mis à jour régulièrement, la dernière version publiée en Novembre 2017 par l'IAIS.

Les principes de base d'assurance (PBA/ICP) contiennent 26 principes, et sont représentés par trois niveaux : le premier niveau est celui des « principes », le deuxième niveau est pour les « standards » et le troisième niveau pour « les orientations ». Les deux premiers niveaux qui sont obligatoires.

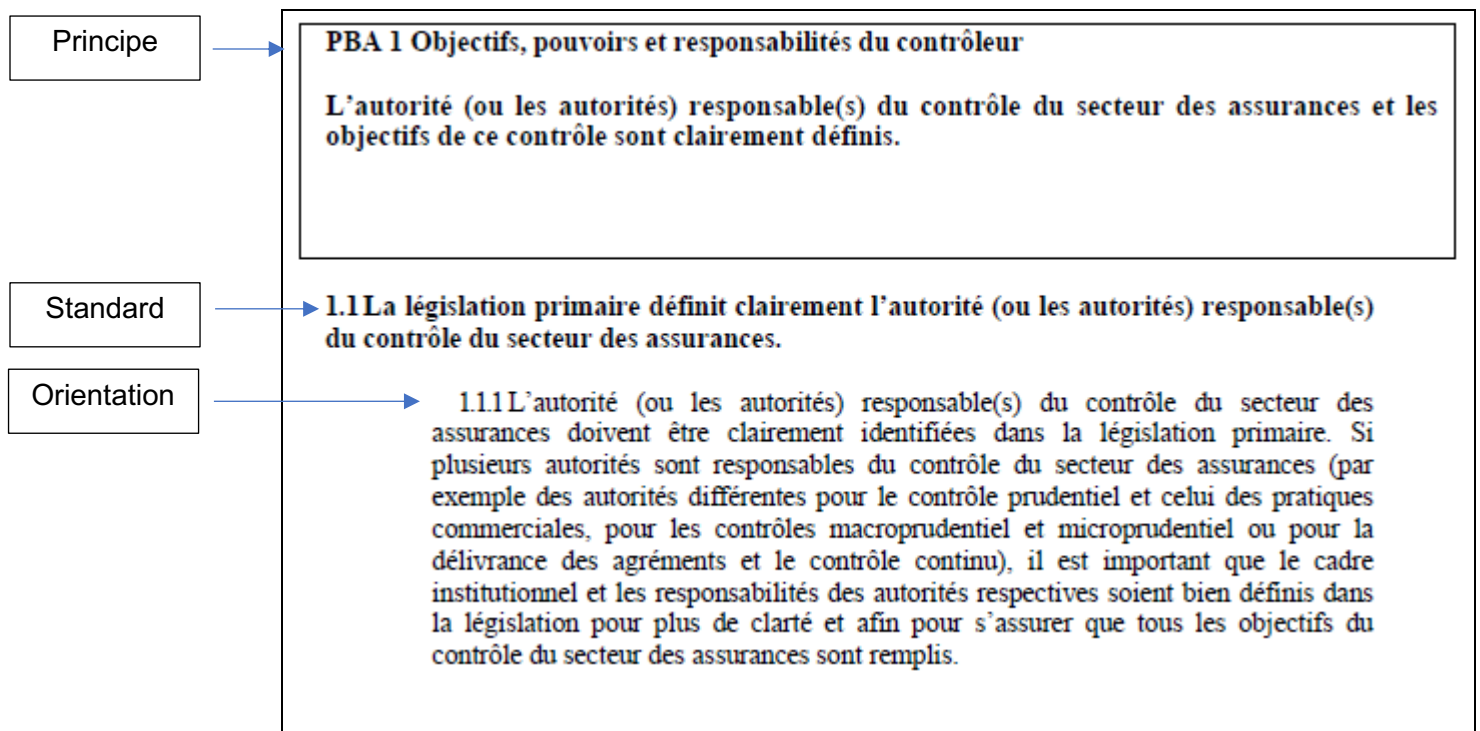


Figure 8 Extrait des Principes de Base d'Assurance (PBA, 1^{er} Octobre 2011)

Les PBA sont présentés comme suit :

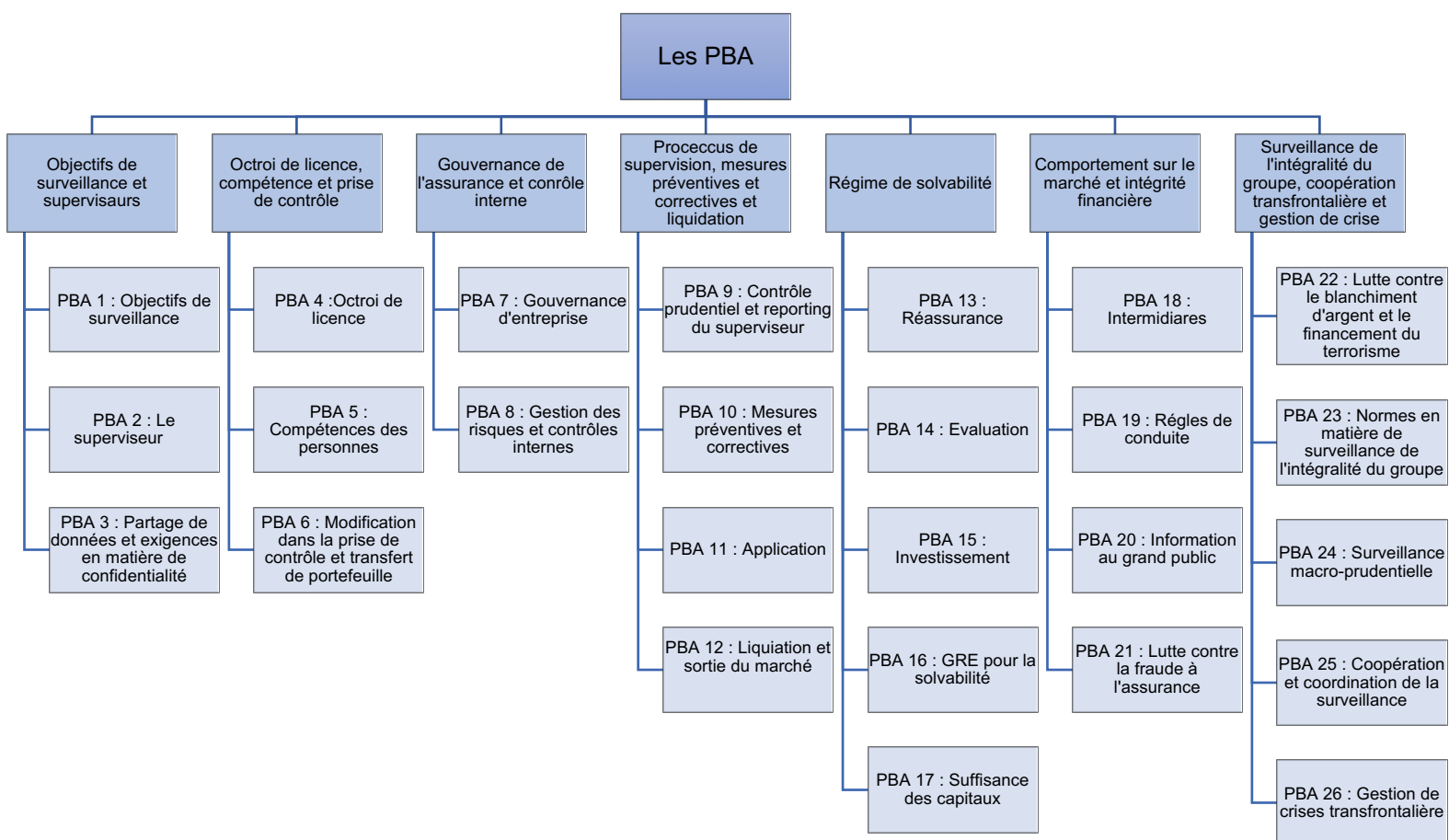


Figure 9 Les principes de base de l'Assurance

2. Bilan prudentiel

Dans le cadre réglementaire actuel, le bilan de l'entreprise d'assurance est présenté sous une vision comptable où les actifs sont valorisés par des valeurs historiques. Quant à la SBR, la valorisation du bilan se fait par les valeurs du marché.

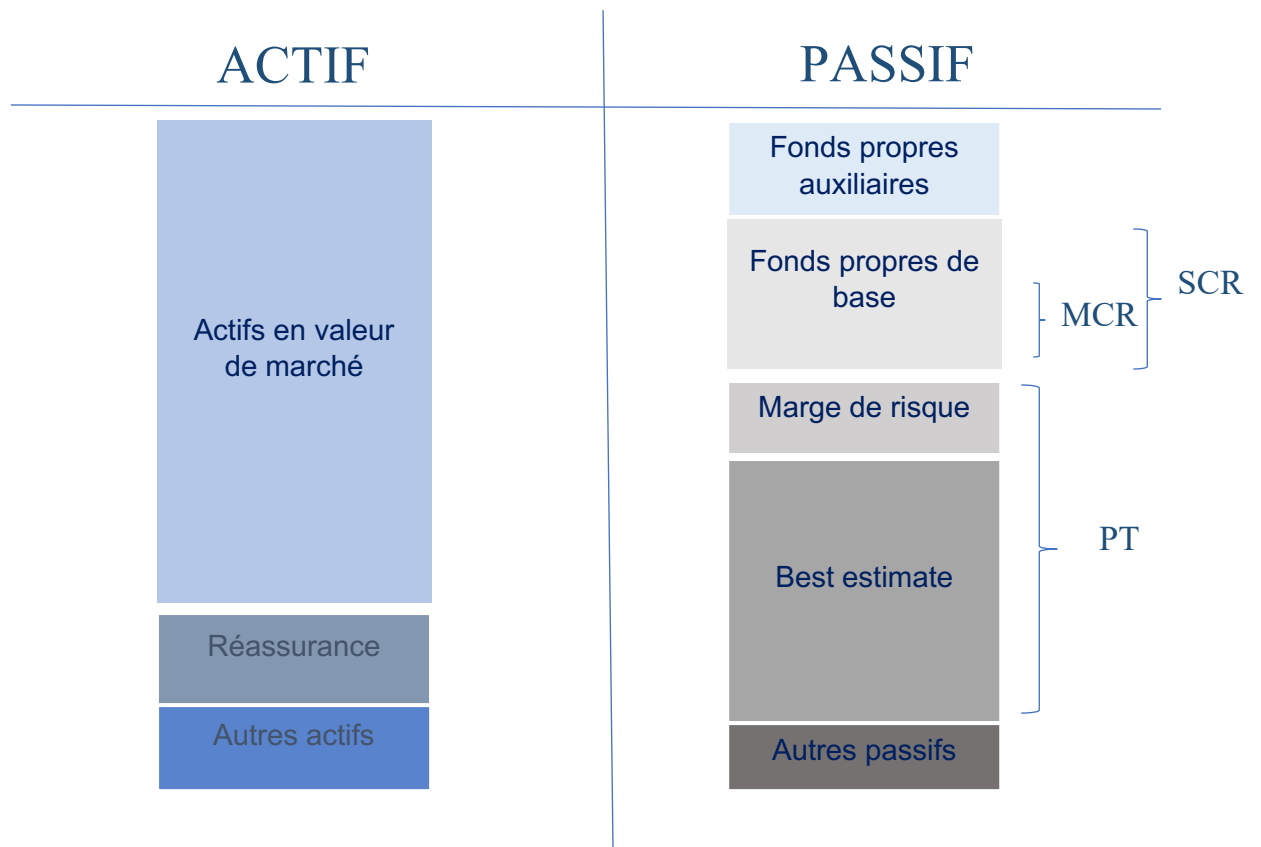


Figure 10 Bilan économique

Les fonds propres dans le bilan économique sont constitués des fonds propres de base et des fonds propres auxiliaires. Ces fonds propres doivent être supérieurs au capital de solvabilité requis, et les fonds propres de base doivent représenter au minimum 70% du SCR.

Le capital de solvabilité requis (SCR) représente le niveau minimum à couvrir pour continuer son activité sans l'intervention directe de l'ACAPS. Quant au minimum de capital requis (MCR), il représente le niveau minimum de capital à détenir pour continuer son activité.

3. Les trois piliers de la SBR

Les règles prudentielles de la Solvabilité Basée sur les Risques répartissent en trois piliers les exigences applicables aux compagnies d'assurance et de réassurance.

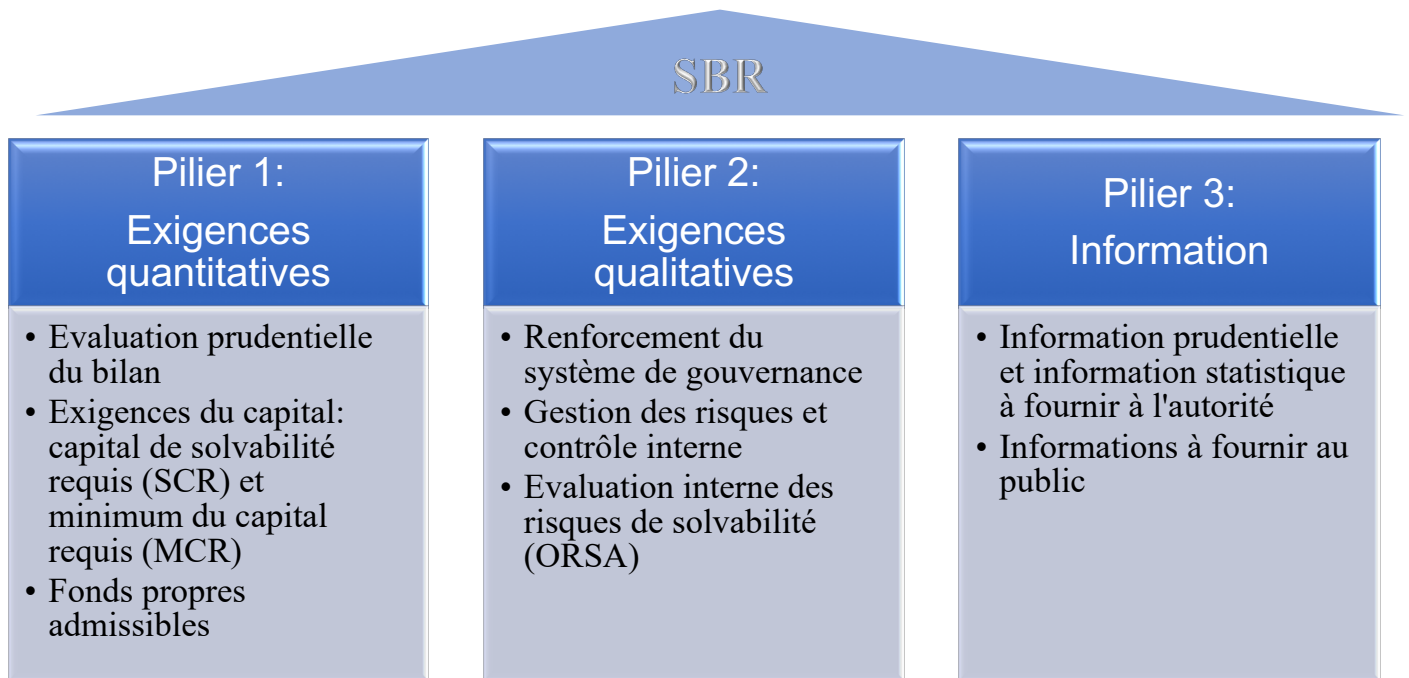


Figure 11 Les 3 piliers du SBR

i. Pilier 1 : Exigences quantitatives

Le premier pilier s'intéresse essentiellement au calcul des exigences de capital de solvabilité requis en fonction des risques encourus par l'assureur, à la valorisation des provisions techniques sur les valeurs du marché et à l'évaluation prudentielle du bilan.

Ce pilier regroupe les règles de valorisation des actifs et des passifs et les modes de calcul des exigences de capital avec deux niveaux d'interventions : SCR (Solvency Capital Requirement) capital de solvabilité requis et MCR (Minimum Capital Requirement) capital de solvabilité minimum. Les exigences de capital peuvent se calculer par la formule standard ou par le modèle interne partiel ou total.

Dans le cadre du bilan prudentiel, les provisions techniques sont constituées de BE (Best Estimate) meilleure estimation et RM (Risk Margin) la marge de risque :

$$PT = BE + RM$$

Avec :

- La meilleure estimation représente la valeur actuelle des cash-flow futurs :

$$BE = \sum_t \frac{CF_t}{(1 + r_t)^t}$$

- La marge de risque est égale au produit du coût en capital CoC, fixé par la réglementation à 6%, et la valeur actuelle des capitaux de solvabilité requis SCR :

$$RM = CoC * \sum_t \frac{SCR_t}{(1 + r_t)^t}$$

- Le taux d'actualisation est le taux sans risque.

ii. Pilier 2 : Exigences qualitatives

Le deuxième pilier concerne les règles qualitatives de gouvernance de l'entreprise d'assurance. Il s'agit du renforcement de la gestion des risques et le contrôle interne ainsi que l'évaluation interne des risques de solvabilité (mise en place de l'ORSA) afin de s'assurer que la compagnie est bien gérée.

iii. Pilier 3 : Information

Le principe de ce troisième pilier est d'améliorer la transparence de la compagnie d'assurance en publiant certaines informations sur son activité et sa solvabilité. Il s'agit de

communiquer des informations prudentielles et statistiques à l'autorité de contrôle, et des informations concernant la situation financière destinées au public.

4. Exigences de capital de solvabilité (SCR)

Le capital de solvabilité requis représente le montant minimum de la marge de solvabilité, il correspond au capital exigible dont une entreprise d'assurance a besoin pour limiter la probabilité de ruine à 0,5% à horizon un an, ce qui est équivalent à une seule occurrence tous les 200 ans.

Ce capital de solvabilité requis reflète le risque réellement encouru par l'entreprise d'assurance.

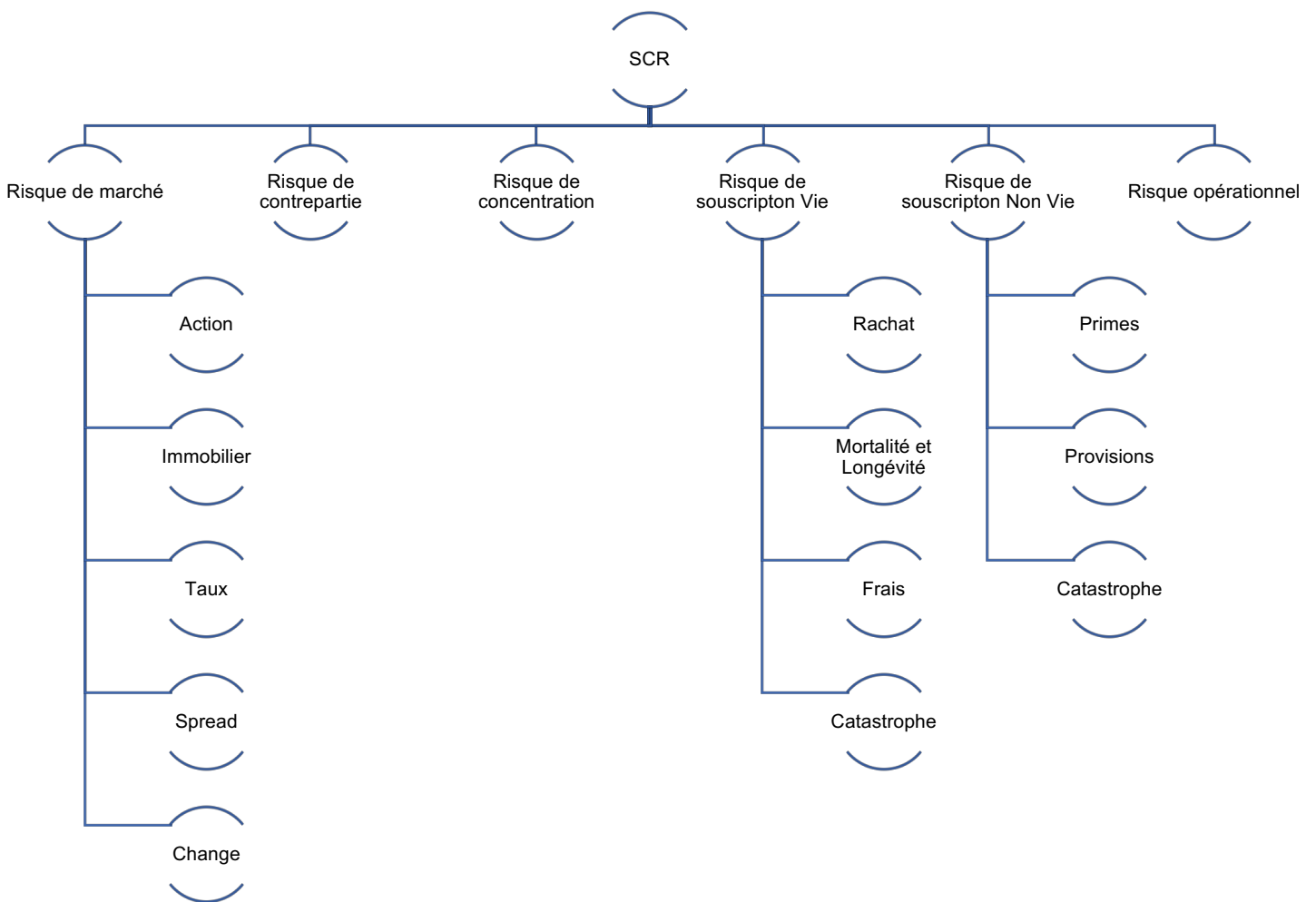


Figure 12 modules de risque.

Pour chaque risque, le SCR correspondant est égal à la variation de fonds propres correspondants à la réalisation des chocs défavorables

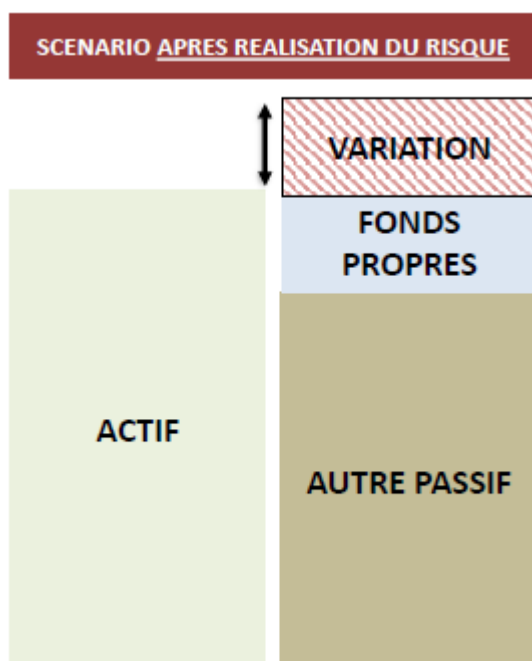


Figure 13 Scénario après réalisation des risques.

i. Risque du marché

Le risque de marché correspond au risque lié aux fluctuations des produits financiers. Il contient des risques élémentaires tels que le risque des taux, le risque des actions, le risque, le risque de spread et le risque de change.

ii. Risque de contrepartie

Le SCR de ce module de risque couvre les pertes liées au défaut de contrepartie.

iii. Risque de concentration

Le risque de concentration est lié au risque dû à l'investissement concentré sur un même émetteur, dans un même domaine d'activité et sur une même zone géographique. Cette concentration augmente la volatilité du portefeuille.

iv. Risque de souscription (Vie)

Ce module correspond aux risques spécifiques qui résultent des contrats d'assurance vie. Il est réparti en sous-modules de risque tels que le risque de rachat, risque de mortalité/longévité, risque de frais et risque de catastrophe.

❖ Risque de rachat :

Le risque de rachat est lié aux pertes dues aux fluctuations du taux de rachat.

❖ Risque de mortalité/longévité :

Le risque de mortalité/longévité est lié aux pertes dues aux fluctuations du taux de mortalité/longévité.

Partie III
Modélisations

I. Modélisation du passif

1. Modèle logistique

La régression logistique est l'un des modèles d'analyse multivariée les plus couramment utilisés, Elle permet de modéliser des variables binaires. Le principe du modèle de la régression logistique est d'expliquer la survenance ou la non survenance d'un événement par des variables explicatives.

i. Modèle

On note :

- ✓ Y : la variable expliquée, où Y est une variable binaire telle que $Y \in \{0,1\}$.
- ✓ X : le vecteur des variables explicatives.
- ✓ $p(X) = P(Y = 1 | X)$ est la probabilité que la variable binaire Y égale à 1 sachant l'information contenant dans X
- ✓ βX : combinaison linéaire des variables.

Ainsi, l'expression analytique du modèle logit est la suivante :

$$\text{logit}(p(X)) = \beta X = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n$$

Donc, la probabilité $P(Y = 1 | X)$ est égale à :

$$P(Y = 1 | X) = p(X) = \frac{e^{\beta X}}{1 + e^{\beta X}} = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n}}$$

Où n est le nombre des variables explicatives.

ii. Estimation des paramètres

Pour estimer les paramètres β du modèle, il faut maximiser la fonction de vraisemblance :

$$L = \prod_i p(X_i)^Y (1 - p(X_i))^{1-Y}$$

Contrairement à la régression linéaire, une solution analytique n'existe pas, d'où la nécessité de l'utilisation d'un algorithme itératif. Certains logiciels utilisent un algorithme de Newton-Raphson.

iii. Validation du modèle

Pour valider le modèle et tester la significativité des coefficients, plusieurs tests et méthodes existent, on peut citer :

- La courbe ROC ;
- Le test du rapport de vraisemblance ;
- Le test de Wald ;
- Le test du score.

iv. Stepwise :

Dans le cas de la non significativité de certaines variables explicatives, on peut utiliser la méthode stepwise pour sélectionner les variables qui expliquent mieux notre variable dépendante.

La méthode stepwise consiste à examiner un modèle avec une seule variable explicative puis introduire une à une d'autres variables explicatives. A chaque étape, toutes les variables introduites précédemment dans le modèle seront réexaminées. En effet, une variable considérée comme la plus significative à une étape de l'algorithme peut à une étape ultérieure devenir non significative.

Après réexamen, si des variables ne sont plus significatives, alors retirer du modèle la moins significative d'entre elles. Le processus continue jusqu'à ce que plus aucune variable ne puisse être introduite ni retirée du modèle.

2. Modélisation du rachat total

Article 16 :

« L'entreprise d'assurances et de réassurance doit établir une table de rachat pour chaque groupe homogène de contrat, sur la base d'un historique de données de rachat propre à son portefeuille de contrats et supérieur ou égal à dix (10) ans.

La table de rachat précitée doit faire ressortir par ancienneté et/ou par âge de l'assuré le taux de rachat »

Extrait du «Projet de circulaire de l'ACAPS sur la solvabilité basée sur les risques (SBR) »

i. Les variables explicatives

Pour modéliser les rachats, on a choisi comme variables explicatives l'ancienneté du contrat et l'âge de l'assuré, comme indiqué dans le Projet de circulaire de l'ACAPS sur la solvabilité basée sur les risques (SBR) : « La table de rachat en montant précitée doit faire ressortir par ancienneté et/ou par âge de l'assuré le taux de rachat ... »

ii. Rachat en nombre

Dans cette partie, on modélise le nombre des assurés qui ont décidé de faire un rachat total, par âge et ancienneté.

Avant d'entamer la modélisation, il est important de faire une analyse exploratoire des données :

La corrélation entre les variables :

Il est important de s'assurer de l'absence de corrélation entre les variables explicatives de notre modèle. On a fait l'étude de corrélation sous SAS :

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 666 Proba > r sous H0: Rho=0		
	age	ancien
age	1.00000	0.25814 <.0001
ancien	0.25814 <.0001	1.00000

Tableau 1 Corrélation entre âge et ancienneté.

On remarque que le coefficient de Pearson est égale à 26% (< 70%), on déduit donc l'absence de corrélation entre les variables âge et ancienneté. Ainsi, on peut les introduire dans notre modèle pour expliquer le rachat total en nombre.

Les présentations graphiques des variables :

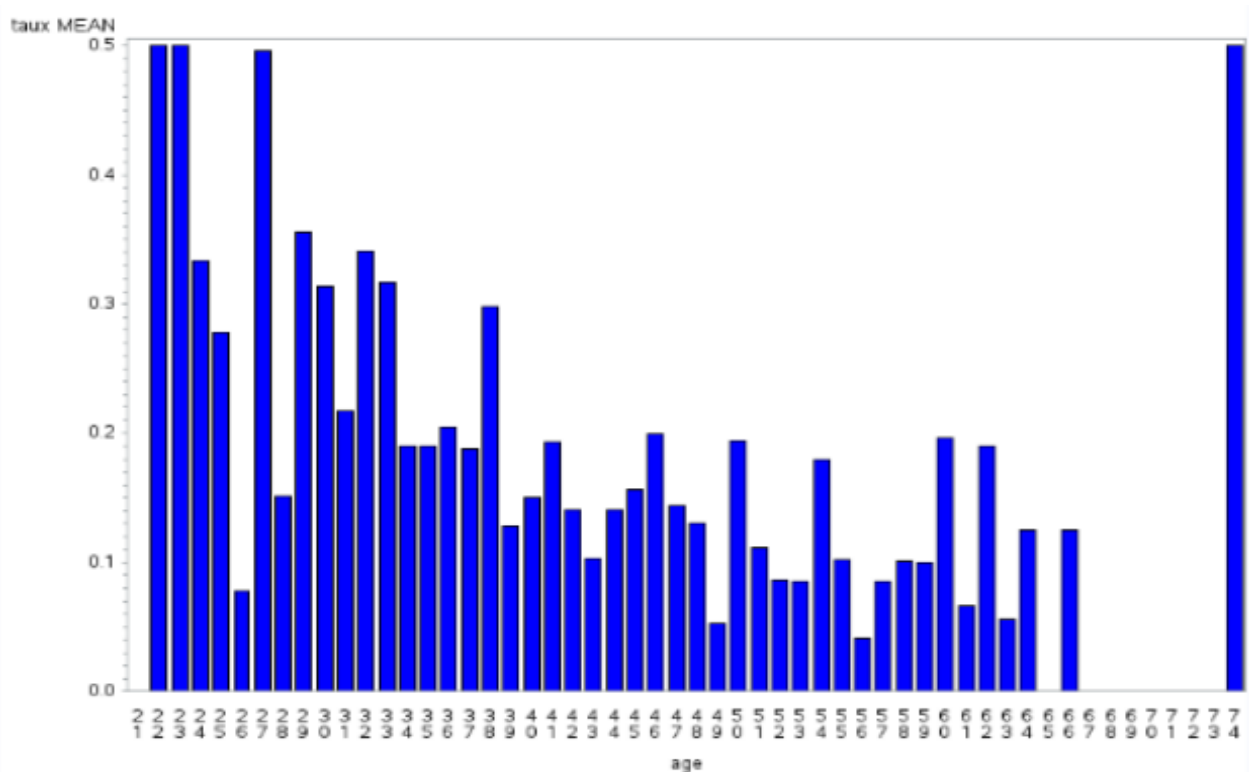


Figure 14 Taux de rachat en fonction de l'âge.

Le graph ci-dessus représente les taux du rachat total en nombre en fonction d'âge des assurés. On peut remarquer que la variable âge n'a pas de tendance, ce qui met la validation de notre modèle en question. Pour régler ce problème, on doit discrétiser la variable âge en prenant en considération notre variable réponse.

Pour ce faire, on a utilisé, sous R, la fonction `chiM` programmée selon la méthode de chi-merge (Kerber, 1992) qui utilise la statistique χ^2 pour la discrétisation. On a obtenu les résultats suivants :

[1] 38.5 55.5 64.5 73.5

Classe 1 : [18,38]

Classe 2 :]38 ,55]

Classe 3 :]55,64]

Classe 4 :]64,73]

Classe 5 :]73, - [

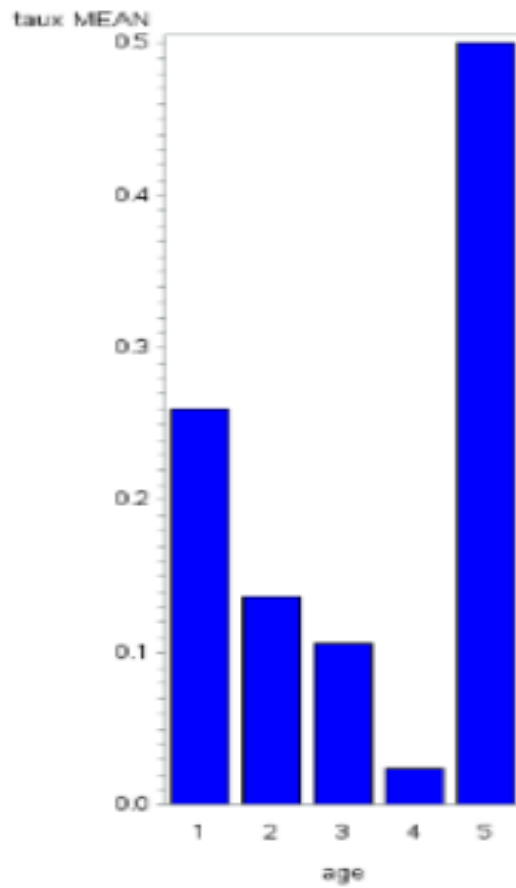


Figure 15 Taux de rachat en fonction de l'âge après discrétisation.

Le graph suivant représente les taux du rachat total en nombre en fonction d'ancienneté.

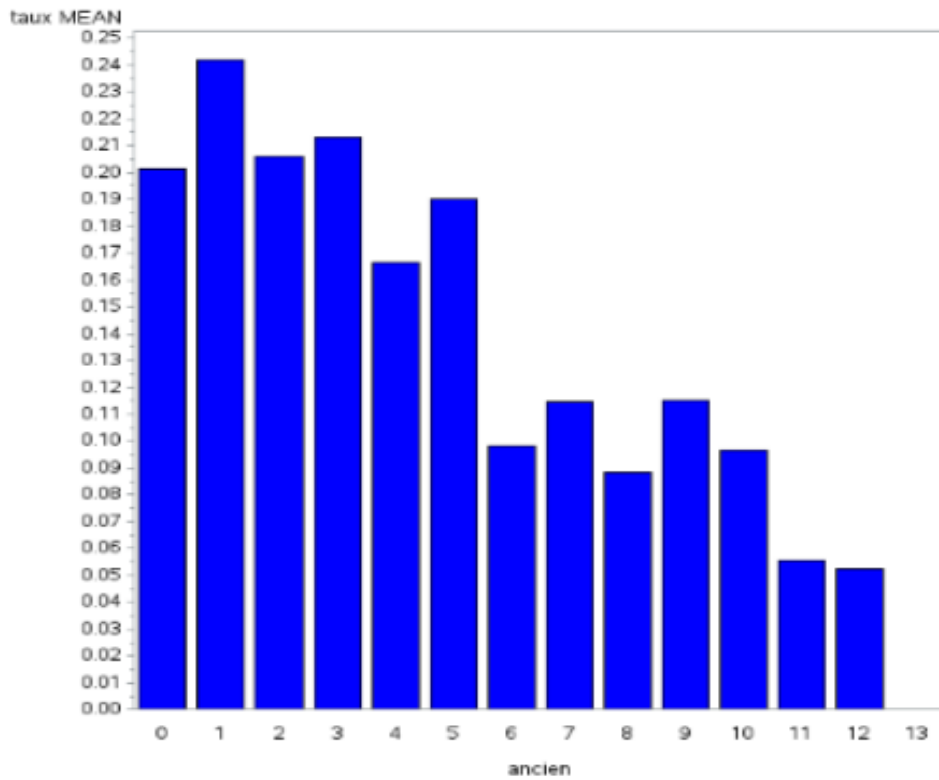


Figure 16 Taux de rachat en fonction d'ancienneté.

En suivant les mêmes étapes de la discrétisation d'âge, on trouve les résultats suivants pour le cas de l'ancienneté :

[1] 5.5 9.5

Classe 1 : [0,5]

Classe 2 :]5,9]

Classe 3 :]9, - [

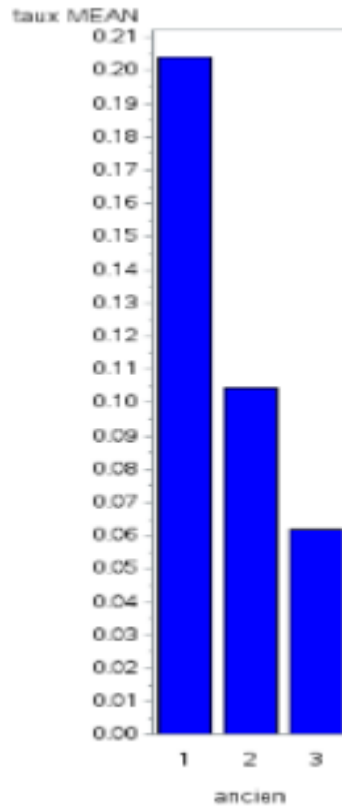


Figure 17 Taux de rachat en fonction de l'ancienneté après discrétisation.

La table de rachat total :

Pour expliquer la probabilité de rachat en nombre, on doit faire une régression logistique. Mais avant, il faut préparer une base de données sur laquelle on peut appliquer notre modèle. Après une analyse de nos bases de données sous SAS, on a pu extraire la table de rachat total suivante :

	age	ancien	rachat
528	57	5	1
529	57	6	0
530	57	7	0
531	57	8	0
532	57	9	0
533	57	9	1
534	57	10	0
535	57	11	0
536	57	12	0
537	57	13	0
538	58	0	0
539	58	1	0
540	58	1	1
541	58	2	0
542	58	3	0
543	58	3	1
544	58	4	0
545	58	4	1
546	58	5	0
547	58	6	0
548	58	7	0
549	58	8	0

Tableau 2 Base des rachats totaux

La régression logistique se fait sous SAS par la procédure « proc logistic », qui donne les estimations par l'analyse du maximum de vraisemblance. On obtient, ainsi, les résultats suivants :

Estimations par l'analyse du maximum de vraisemblance						
Paramètre		DDL	Estimation	Erreur type	Khi-2 de Wald	Pr > Khi-2
Intercept		1	-0.1897	0.1574	1.4521	0.2282
age	2	1	-0.1140	0.2011	0.3213	0.5708
age	3	1	-0.8847	0.2927	9.1363	0.0025
age	4	1	-2.9982	1.0286	8.4967	0.0036
age	5	1	2.2487	1.4879	2.2843	0.1307
ancien	2	1	-0.7955	0.2198	13.0945	0.0003
ancien	3	1	-2.0590	0.4426	21.6430	<.0001

Tableau 3 Estimation par l'analyse du maximum de vraisemblance (Rachat total)

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que les p-value de deux classes d'âge sont supérieures à 5%, ce qui signifie que ces classes ne sont pas significatives, donc on doit revoir notre classification.

Pour résoudre ce problème, on a essayé la méthode de regroupement des classes. On a regroupé les deux premières classes et les deux derniers :

Classe 1 : [18,55]

Classe 2 :]55,64]

Classe 4 :]64, - [

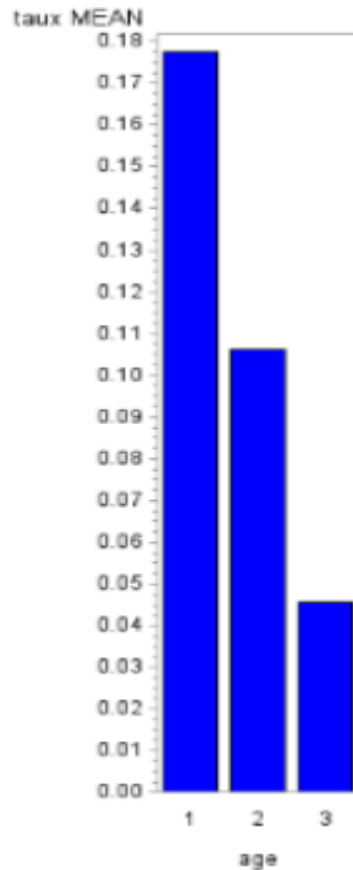


Figure 18 Graph d'âge après regroupement des classes.

On refait la modélisation et on trouve :

Estimations par l'analyse du maximum de vraisemblance						
Paramètre		DDL	Estimation	Erreur type	Khi-2 de Wald	Pr > Khi-2
Intercept		1	-0.2608	0.1095	5.6676	0.0173
age	2	1	-0.8157	0.2648	9.4894	0.0021
age	3	1	-2.2155	0.7365	9.0489	0.0026
ancien	2	1	-0.8160	0.2172	14.1142	0.0002
ancien	3	1	-1.9324	0.4099	22.2226	<.0001

Tableau 4 Estimation par l'analyse du maximum de vraisemblance après la discrétisation (Rachat total).

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que les p-values sont inférieures à 5%, donc nos variables sont significatives.

Quant à la validation du modèle, on rejette l'hypothèse nulle $H_0 : \beta = 0$ selon le test de Rapport de vraisemblance, le test de Score et le test de Wald, car les p-value sont inférieurs à 5%.

Test de l'hypothèse nulle globale : BETA=0			
Test	Khi-2	DDL	Pr > Khi-2
Rapport de vrais	59.4899	2	<.0001
Score	55.9909	2	<.0001
Wald	51.7132	2	<.0001

Tableau 5 Validation du modèle (Rachat total).

L'aire sous la courbe de ROC est une autre méthode pour s'assurer de la validation du modèle :

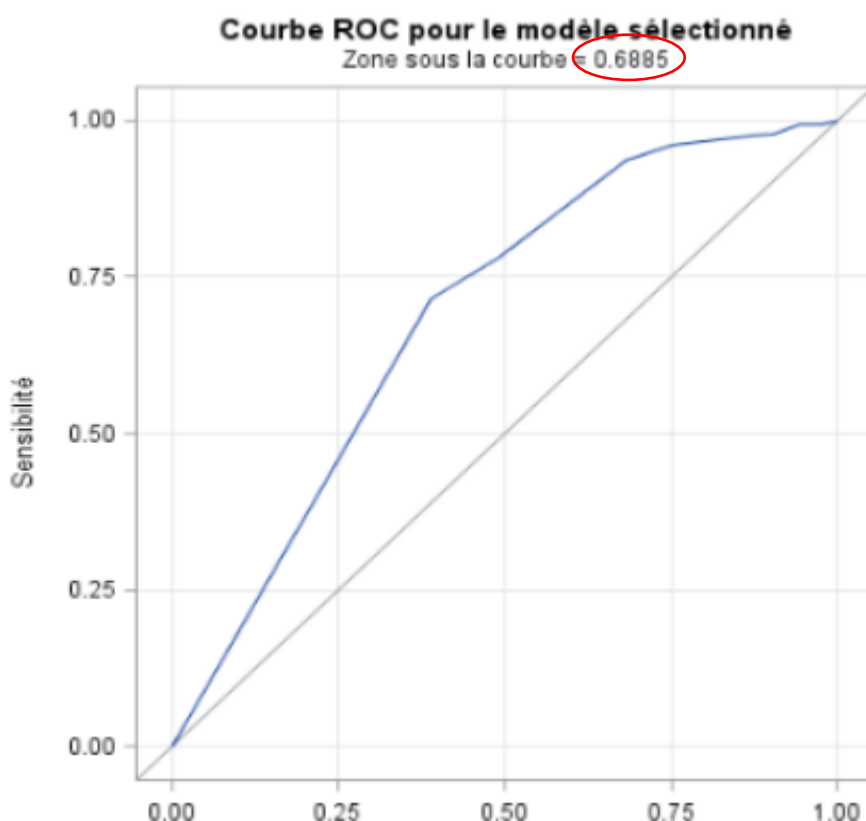


Figure 19 la courbe de ROC.

L'aire sous de la courbe de ROC est égale à 0.69, ce qui signifie que notre modèle est bien validé.

Ainsi, on trouve que le taux du rachat total s'écrit comme suit :

$$Tx_{RAT} = \frac{e^{-0.2608-0.8157*1_{64 \geq age > 55} - 2.2155*1_{age > 64} - 0.8160*1_{9 \geq ancienneté > 5} - 1.9324*1_{ancienneté > 9}}}{1 + e^{-0.2608-0.8157*1_{64 \geq age > 55} - 2.2155*1_{age > 64} - 0.8160*1_{9 \geq ancienneté > 5} - 1.9324*1_{ancienneté > 9}}}$$

3. Modélisation du rachat Partiel

A tout moment, dès la souscription du contrat, l'assuré peut effectuer un rachat partiel qui lui permet d'obtenir une part de ses primes d'épargne revalorisées sans mettre fin au contrat.

Pour connaître le taux du rachat partiel, on a effectué une modélisation logistique en introduisant comme variables explicatives, l'ancienneté et l'âge.

On a pu obtenir l'équation suivante :

$$Tx_{RAP} = \frac{e^{-0.5872-1.2236*1_{age > 61} - 1.4252*1_{ancienneté > 9}}}{1 + e^{-0.5872-1.2236*1_{age > 61} - 1.4252*1_{ancienneté > 9}}}$$

Pour les étapes de la modélisation, voir l'ANNEXE.

4. Modélisation de reversement

Le taux de reversement reflète la proportion de la population du portefeuille qui va reverser une prime l'année suivante.

Après une régression logistique, on a pu expliquer le taux de reversement en fonction d'âge. On a trouvé que l'ancienneté n'explique pas ce taux.

La probabilité de reversement peut s'écrire comme suit :

$$Tx_{reversement} = \frac{e^{1,0944+0,1457*1_{age > 38}}}{1 + e^{1,0944+0,1457*1_{age > 38}}}$$

Pour les étapes de la modélisation, voir l'ANNEXE.

5. Modélisation de la maturité

Pour le produit FI, l'assuré peut demander la liquidation de ses droits à partir de l'âge de 50ans. La sortie peut être en rente ou en capital, mais dans notre cas, la sortie en rente est négligeable, donc on ne considère que la sortie en capital.

Avant 50 ans, la probabilité de sortir en capital est nulle, on modélise donc pour les assurés âgés de plus de 50 ans.

Le taux de liquidation en capital s'écrit comme suit :

$$Tx_{mat} = \frac{e^{-4.1530+1.8694*1_{age>59}}}{1 + e^{-4.1530+1.8694*1_{age>59}}}$$

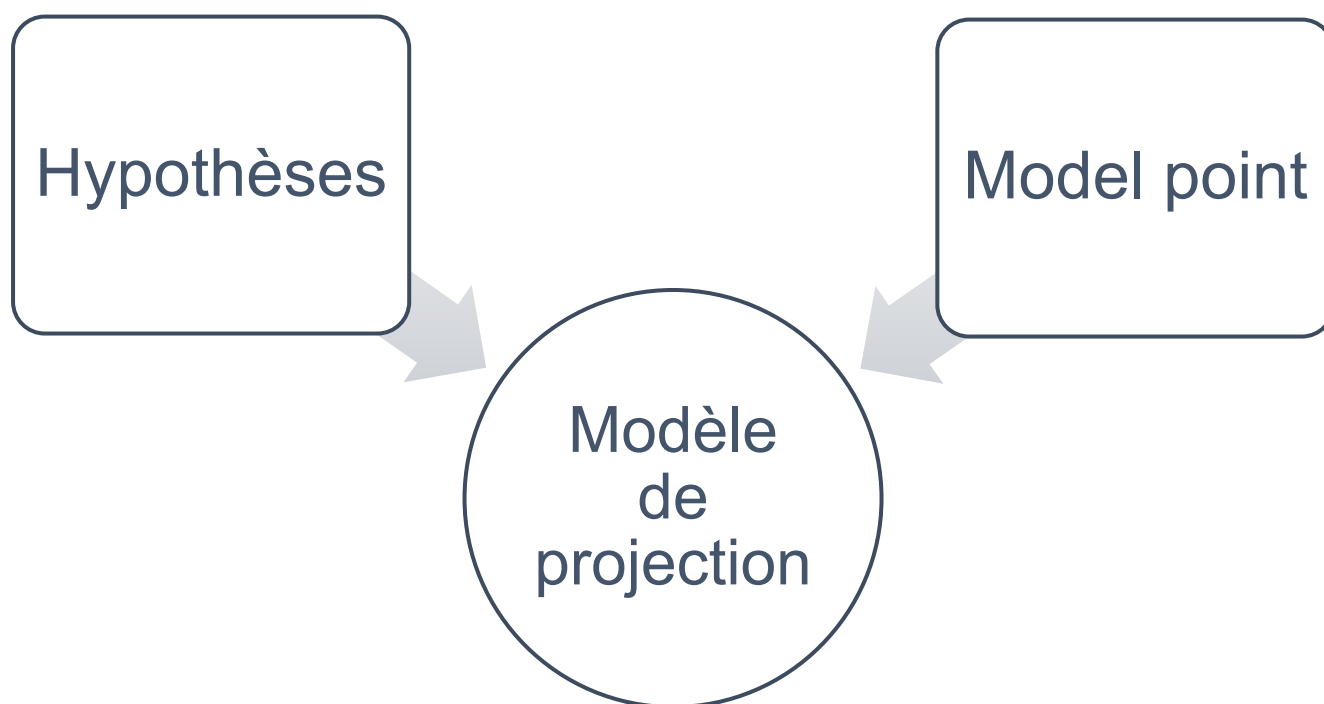
Pour les étapes de la modélisation, voir l'ANNEXE.

Partie IV

***Application et analyse
des résultats***

I. Projection des cash-flow

La projection des cash-flow se fait par trois blocks, le premier block est celui des hypothèses, le deuxième block est celui du « model point » et Le troisième c'est le block du modèle de projection.



1. Les hypothèse

La première hypothèse qu'on a posé avant d'entamer le travail, c'est que notre produit est en Run-Off. C'est-à-dire qu'il n'y aura pas de nouvelles souscriptions, notre portefeuille contient juste les anciens adhérents.

Pour actualiser les flux, on a travaillé avec la courbe des taux sans risque.

On a utilisé la table de mortalité TD88-90. Par expérience, cette table surestime la mortalité, on a donc appliqué un taux d'abattement à cette table réglementaire afin de prévoir au mieux la mortalité futur.

Concernant les sorties, on a utilisé les lois de sorti déjà calculé précédemment. Pour le rachat, le taux de pénalité est appliqué sur les assuré qui ont moins de quatre ans d'expérience.

Afin de simplifier la modélisation, nous ne prenons pas en compte la réassurance.

L'ensemble des hypothèses qu'on a utilisé sont renseigné comme suit :

Date de calcul	<input type="text" value="2018"/>	
Horizon de Projection	<input type="text" value="50"/>	
Date moyenne de sortie	<input type="text" value="M "/>	(D : Début M : Milieu F : Fin)
Table de mortalité	<input type="text" value="TD"/>	(TD : TD88-90 TV : TV88-90)
Taux d'abattement	<input type="text" value="30%"/>	
Taux de pénalité	<input type="text" value="5%"/>	
Frais de gestion	<input type="text" value="0.6%"/>	
Charge de gestion	<input type="text" value="100"/>	/ contrat
Charge de placement	<input type="text" value="2%"/>	
Impôt	<input type="text" value="37%"/>	

Figure 20 Renseignement des hypothèses.

2. Model point

Le model point est utilisé pour faciliter la projection, puisqu'il permet d'économiser le temps et l'effort.

Le principe du modèle point consiste à agréger un portefeuille en construisant des classes de risques homogènes. Donc on peut travailler avec des contrats représentatifs qui regroupe un ensemble de contrat homogène.

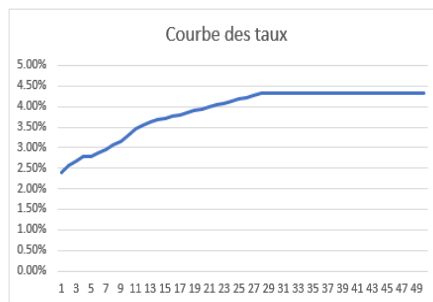
Dans notre étude, on a fait l'agrégation selon l'âge et ancienneté des assurés.



Calculer

Renseignement des hypothèses

Année de projection	2018
Horizon de projection	50
Date moyen de sortie	Milieu
Table de mortalité	TD88-90
Taux d'abattement	30%
Tx de pénalité de rachat	5%
Frais de gestion	0.60%
Charge de gestion	100
Charge de placement	2%
Impôt	37%



Rachat total	Age\Ancienneté	2
	26	0.435167061
Rachat partiel	Age\Ancienneté	2
	26	0.357277562

Reversement	Age\Ancienneté	2
	26	0.74920936
Maturité	Age\Ancienneté	2
	26	0

Figure 21 Interface de projection.

3. Modèle de projection

Après le renseignement des hypothèses nécessaires et la construction du model point, on présente ci-dessus les formules qu'on a utilisé pour la projection.

i. Nombre d'adhérents

Le nombre d'adhérents est le nombre de contrat dans le portefeuille pour lequel l'assureur a toujours des engagements.

Pour une année de projection t , âge x et ancienneté a le nombre d'adhérent soit :

$$Nbr_{adh}(t, x, a) = Nbr_{adh}(t - 1, x - 1, a - 1) * (1 - Q_x - Tx_{rac}(x, a) - Tx_{mat}(x))$$

Avec :

Q_x : Taux de mortalité pour la génération d'âge x ;

$Tx_{rac}(x, a)$: Taux de rachat pour la génération d'âge x et d'ancienneté a ;

$Tx_{mat}(x)$: Taux de sortie en échéance pour la génération d'âge x (on a vu dans la partie de modélisation que ce taux ne dépend pas d'ancienneté).

ii. Primes

Pour la projection des primes au cours d'une année de projection dépend de taux de reversement des assurés par génération.

$$Primes(t, age, ancien) = Primes(t - 1, age - 1, ancien - 1) * Tx_{rev}(a)$$

Avec:

$Tx_{rev}(a)$: Taux de reversement pour la génération d'âge x.

iii. Réserve

En supposant que les sortie se font au milieu de l'année, on trouve :

$$\begin{aligned} Reserve_{cloture}(t, x, a) \\ &= Reserve_{ouverture}(t, x, a) * (1 + TMG) + Primes(t, x, a) * (1 + TMG) \\ &\quad - Prestetions(t, x, a) * (1 + TMG)^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

Avec :

$$Reserve_{ouverture}(t) = Reserve_{cloture}(t - 1)$$

iv. Prestations

Les prestations sont les montants payés par l'assureur aux assurés suite au décès, rachat ou maturité.

➤ Décès :

Pour calculer les prestation de décès, on multiplie le réserve revalorisé au milieu de l'année par le taux de mortalité pour la génération d'âge x. ce taux de mortalité est donnée par : $Q_x = q_x * (1 - Tx_{abattement})$

Où q_x est le quotient de mortalité pour la génération d'âge x déduit de la table de mortalité TD88-90.

$Tx_{abattement}$ est le taux d'abattement qui sert à approcher le taux de mortalité surestimé au taux de mortalité réel.

Ainsi, on trouve :

$$Prest_{Décès}(t, x, a) = Reserve_{ouverture}(t, x, a) * (1 + TMG)^{\frac{1}{2}} * Q_x$$

➤ Rachat :

$$Prest_{rac}(t, x, a) = Reserve_{ouverture}(t, x, a) * (1 + TMG)^{\frac{1}{2}} * (1 - Q_x) * Tx_{rac}(x, a)$$

Pour la pénalité du rachat, si l'ancienneté de l'assuré est inférieure à quatre ans, l'assureur applique une pénalité de 5% ;

➤ Maturité :

Ce montant représente le montant de sortir en capital à l'échéance. On a déjà cité, dans la partie de la modélisation, que la sortie en rente est négligeable pour le produit étudié.

$$Prest_{mat}(t, x, a)$$

$$= Reserve_{ouverture}(t, x, a) * (1 + TMG)^{\frac{1}{2}} * (1 - Q_x) * (1 - Tx_{rac}(x, a)) * Tx_{mat}(x)$$

v. Chargement de gestion

Les chargements de gestion sont des charges que l'assureur prélève pour couvrir les coûts de la gestion du contrat. Ils sont prélevés de l'épargne annuel :

$$Chargement_{gestion}(t) = Tx_{chargement_{gestion}} * Reserve_{cloture}$$

Avec :

$Tx_{chargements_{gestion}}$: Taux des frais de gestion prélevés des versements des assurés.

vi. Frais de gestion

Les frais de gestion correspond aux frais que débourse l'assureur pour assurer la gestion du contrat.

$$Frais_{gestion}(t) = Frais\ par\ contrat * Nbr_{adh}(t)$$

4. Analyse de projection :

La duration de ce portefeuille se réduit annuellement d'une façon significative et accélérée : plus de 50% du portefeuille est amené à disparaître au bout de la 6ème année comme le montre le graphique suivant :

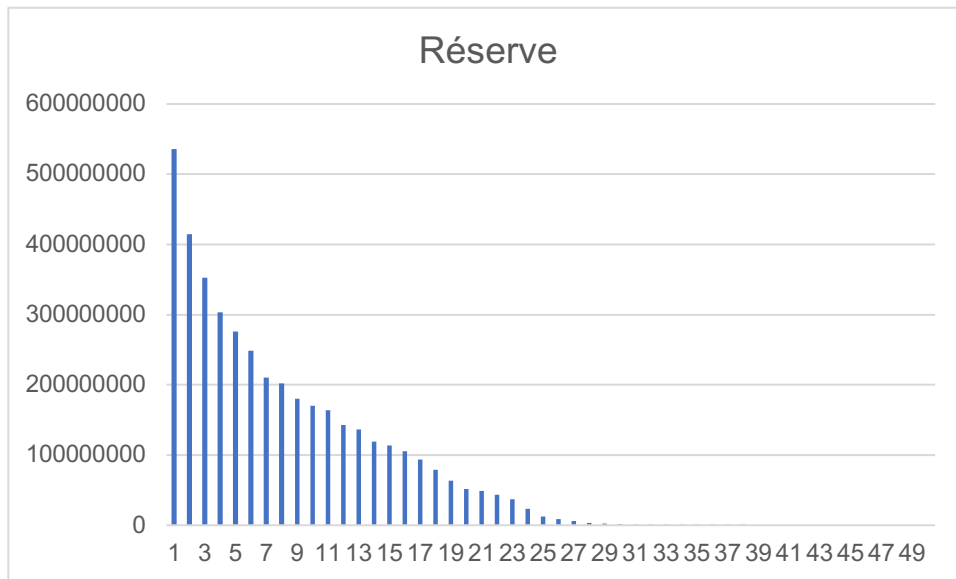


Figure 22 projection des réserves.

La décroissance des réserves peut se justifier par l'hypothèse de Run-off qu'on pose au début.

5. Le Best Estimate

Le Best Estimate est la valeur actuelle attendue des cash-flow futurs qu'on a pu obtenir par la projection.

Les cash-flows ou les flux de trésorerie sont les engagements futurs pour l'assureur, ils s'obtiennent par différence entre les flux sortants et les flux entrants

$$CF(t) = CF_{\text{sortant}}(t) - CF_{\text{entrant}}(t)$$

L'actualisation des Flux se fait par le taux sans risque :

$$BE = \sum_t \frac{CF_t}{(1 + r_t)^t}$$

Résumons donc la prise en compte des différents flux nécessaires pour obtenir le Best Estimate :

	Flux	Détail	Résultat
-	Primes commerciales	Primes commerciales=Prime pure + chargements	
+	Prestation		
		+ Prestation de décès	
		+ Prestation de rachat	
		+ Prestation de maturité	
+	Frais généraux	Frais de gestion	
			= Best Estimate

Tableau 6 Calcul de Best Estimate.

II. Implémentation des chocs

Le projet du circulaire de la SBR ne spécifie pas les chocs qu'il faut appliquer pour estimer la sensibilité du Best Estimate. On utilise donc les chocs appliqués à AXA.

1. Risque du rachat

Pour le risque de hausse des taux de rachat, on applique un choc de -10% sur les taux de rachat

Baisse :

BE avant le choc	→	BE après le choc
447007316		442303782

→

ΔBE
-4703534

On applique un choc de +10% sur les taux rachat, pour calculer la sensibilité du BE par rapport à une baisse des taux du rachat

Hausse :

BE avant le choc	→	BE après le chocs
447007316		451171109

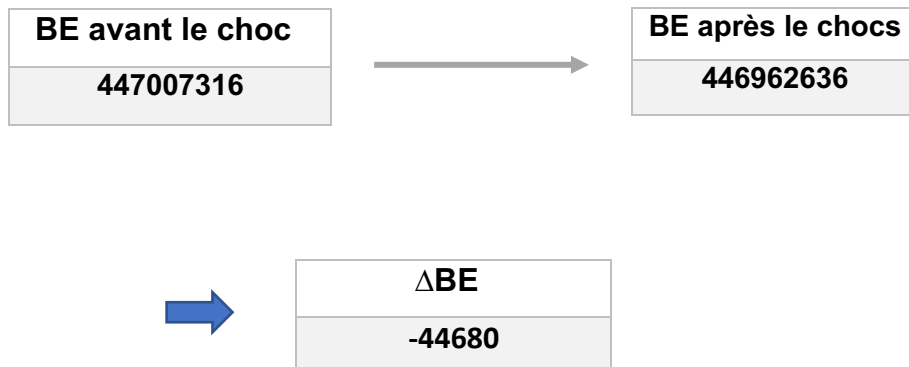
→

ΔBE
4163793

Le Best Estimate varie avec la variation du taux du rachat. Le choc -10% qu'on a appliqué au rachat a fait baisser la provision du Best Estimate. Ainsi la basse du rachat est plus avantageuse pour l'assureur contrairement à la hausse. Ainsi, l'assureur doit gérer le risque de rachat.

2. Risque mortalité et longévité :

Le Best Estimate après chocs pour ce risque a été calculé après application d'un choc sur le taux de mortalité de -5%.



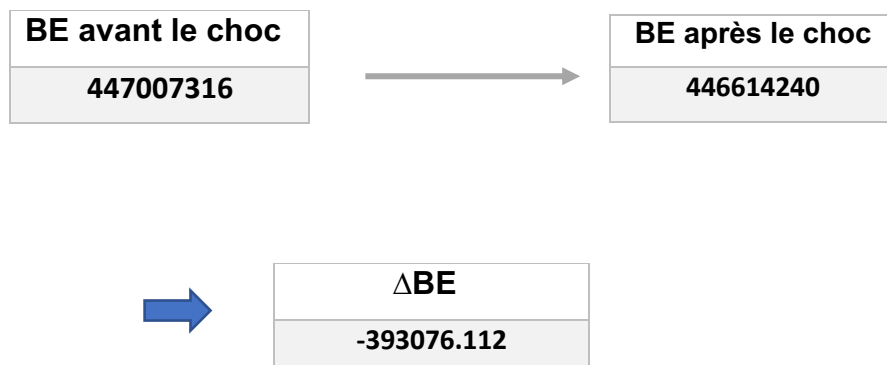
Si la mortalité diminue de 5%, le Best Estimate diminue aussi. Donc il est plus bénéfique pour l'assureur que les assurés restent le plus longtemps au portefeuille.

Donc l'assuré n'est pas soumis au risque de longévité.

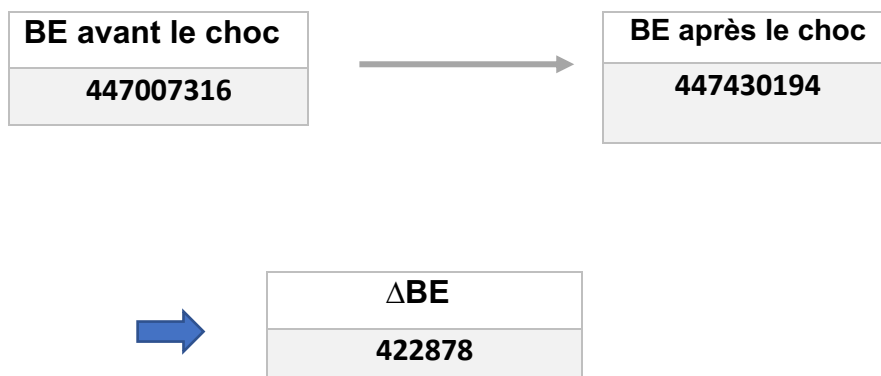
3. Risque du taux d'intérêt

Ce choc s'applique sur les taux d'intérêts. A la hausse, on applique un taux de +0.5%, et -0.5% à la baisse.

Hausse :



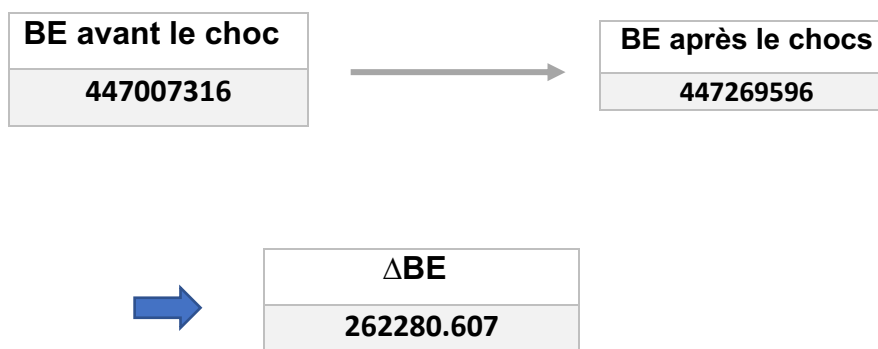
Baisse :



Le Best Estimate est sensible au variation du taux d'intérêt. Sa hausse est rentable pour les assurés puisqu'il engendre une diminution du Best Estimate. Ainsi, l'assureur aura un gain au passif suite à la diminution de la provision Best Estimate.

4. Risque des frais

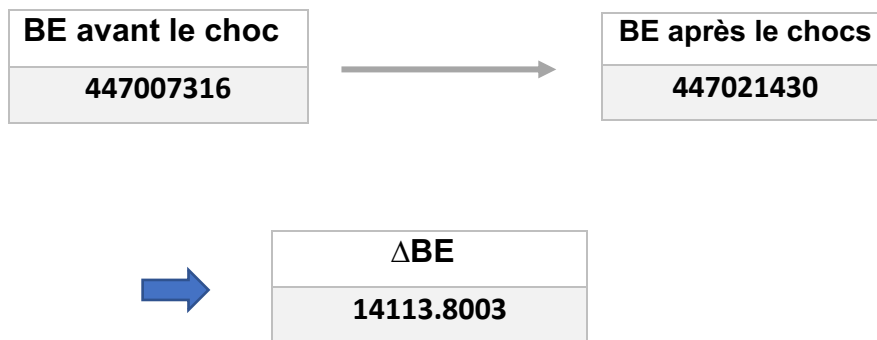
Pour le risque des frais, on applique un choc de -10%



La baisse des frais que l'assureur prélève auprès de l'assuré provoque une augmentation du Best Estimate. L'assureur soumis donc au risque du baisse des frais.

5. Risque inflation

La hausse du taux d'inflation peut influencer aussi la provision du Best Estimate. Pour étudier sa sensibilité, on applique un taux de +0.5%



Le choc sur le risque d'inflation correspondant à une augmentation en valeur absolue de 5 points (+0.5%) implique une augmentation du Best Estimate. Cette augmentation cause une perte pour l'assureur. Donc l'assureur est soumis au risque d'augmentation du taux d'intérêt.

Conclusion

La Solvabilité Basée sur les Risques vise à moderniser les exigences prudentielles et à harmoniser le cadre Marocain de l'assurance, mais avant qu'elle entre en vigueur, il est important de tester son impact sur les entreprises d'assurance et de réassurance. L'objectif de ce travail était donc d'appliquer cette nouvelle réforme réglementaire sur un produit d'assurance vie.

Après avoir présenté le cadre général et le cadre réglementaire du secteur d'assurance vie au Maroc, on a essayé de modéliser la loi du rachat, la loi de reversement et la loi de sortir en capital, en utilisant le modèle logistique pour estimer les probabilités. Ensuite, on a construit le model point en agrégeant les contrats du portefeuille par ancienneté et par âge des assurés et on a introduit les hypothèses nécessaires afin de projeter le résultat du portefeuille étudié. On a pu finalement évaluer le Best Estimate et tester sa sensibilité en implémentant des chocs.

Ce travail peut être le point de départ d'une évaluation de capital de solvabilité requis, en passant par la projection des actifs, ce qui nécessite la constitution d'un portefeuille d'actif optimal représentatif des engagements. Cet allocation optimal peut se faire par la méthode de Markowitz qui consiste à rechercher la meilleure répartition entre les différentes classes d'actif afin de diminuer le risque sans perte de rendement.

Bibliographie

Support de cours :

- BERRADA SOUNI, cours « Solvabilité des entreprises d'assurance et de réassurance », INSEA.
- CHAOUBI, cours « GLM », INSEA.
- MARRI, cours « Assurance Vie », INSEA.

Publication :

- La loi n°17-99 portant le code des assurances.
- Principes de base, Association internationale des contrôleurs d'assurance, 2011.
- Projet de circulaire de l'ACAPS, Avril 2017.
- Rapport de solvabilité d'AXA Assurance Maroc.
- Groupe de travail « Best Estimate Liabilities Vie », INSTITUT DES ACTUAIRES, 2016.

Mémoires :

- Alexandre HELUIN, « Solvency II : Techniques de modélisation du Best Estimate en assurance-vie », l'université de Strasbourg, 2010.
- Claire LAMAZURE, « Conséquences de la cinquième étude quantitative d'impact sur la provision Best Estimate et les exigences de capital d'un contrat d'épargne en euros », Dauphine, 2010.
- El MESLOUHI Nour El Houda. « SOLVABILITE II », INSEA, 2016.
- GORNOUCHKINA Olga, « Application des normes Solvency II en assurance-vie », Université Louis Pasteur Strasbourg, 2007.
- NGUYEN Hoang, « Solvency 2 QIS2 assurance vie », UNIVERSITÉ PARIS DAUPHINE, 2006.
- RAKAH Naoufal, « Modélisations des rachats dans les contrats d'épargne », Centre d'Etude Actuarielle.

Site internet :

www.axa.ma
www.bkam.ma
www.institutdesactuaires.com
www.ressources-actuarielles.net
<http://support.sas.com>

ANNEXE

ANNEXE 1 : Modélisation du rachat Partiel

Les variables explicatives :

Nos variables explicatives sont toujours les mêmes, l'ancienneté et l'âge. Le régulateur nous impose de faire ressortir les taux de rachat par ancienneté et/ou par âge.

Rachat en nombre

Dans cette partie, on modélise le nombre des assurés qui ont décidé de faire un rachat partiel, par âge et ancienneté.

Avant d'entamer la modélisation, il est important de faire une analyse exploratoire des données :

La corrélation entre les variables :

Une analyse de corrélation est importante avant de commencer la régression, pour s'assurer de la non corrélation entre les variables :

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 666 Proba > r sous H0: Rho=0		
	age	ancien
age	1.00000	0.25814 <.0001
ancien	0.25814 <.0001	1.00000

Tableau 7 Corrélation entre âge et ancienneté (Rachat partiel).

Le coefficient de corrélation entre l'âge et l'ancienneté est faible, et la p-value est inférieure à 5%, on peut donc conclure qu'il n'y a pas de corrélation entre ces deux variables.

Ainsi, on peut faire la régression.

Les présentations graphiques des variables :

Le graph ci-dessus représente les taux du rachat partiel en nombre en fonction d'âge :

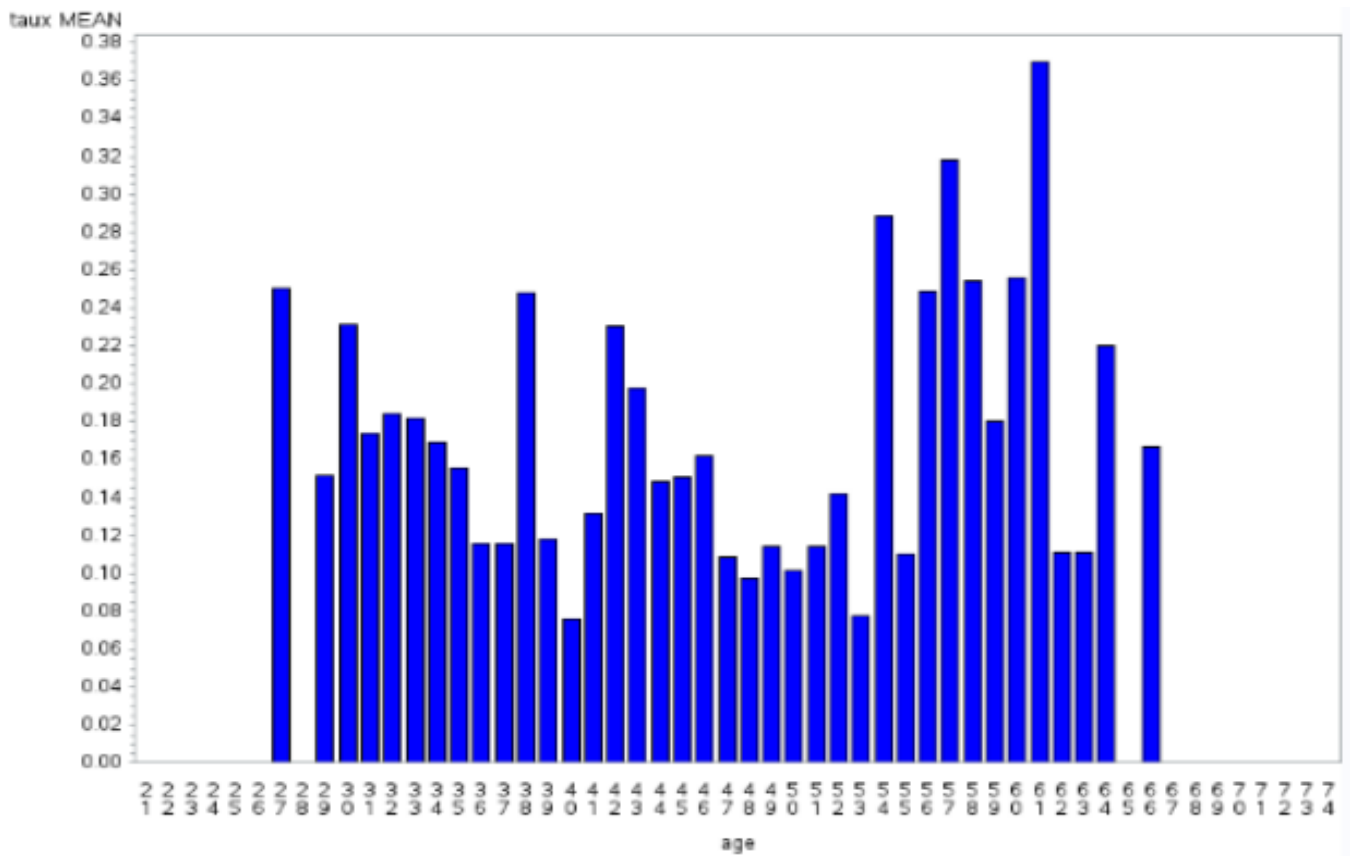


Figure 23 Taux de rachat partiel en fonction d'âge.

On peut remarquer, d'après le graph, que la courbe de notre variable explicative n'a pas de tendance.

Après l'utilisation de la fonction chiM pour la discrétisation, on trouve les résultats suivants :

[1] 26.5 61.5 66.5

Classe 1 : [18,26]

Classe 2 :]26,61]

Classe 3 :]61,66]

Classe 4 :]66, - [

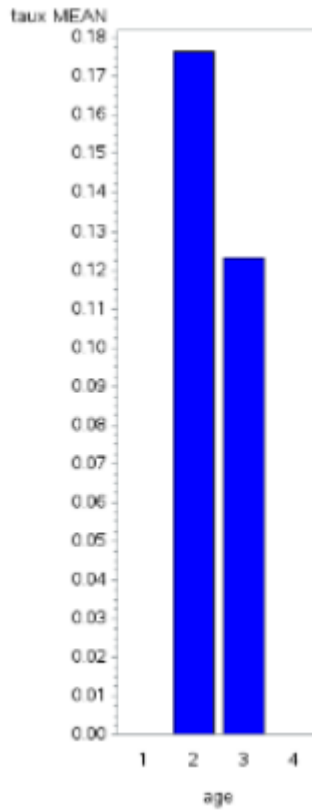


Figure 24 Taux de rachat partiel en fonction d'âge après discrétisation.

Le graph ci-dessous représente les taux du rachat partiel en fonction d'ancienneté :

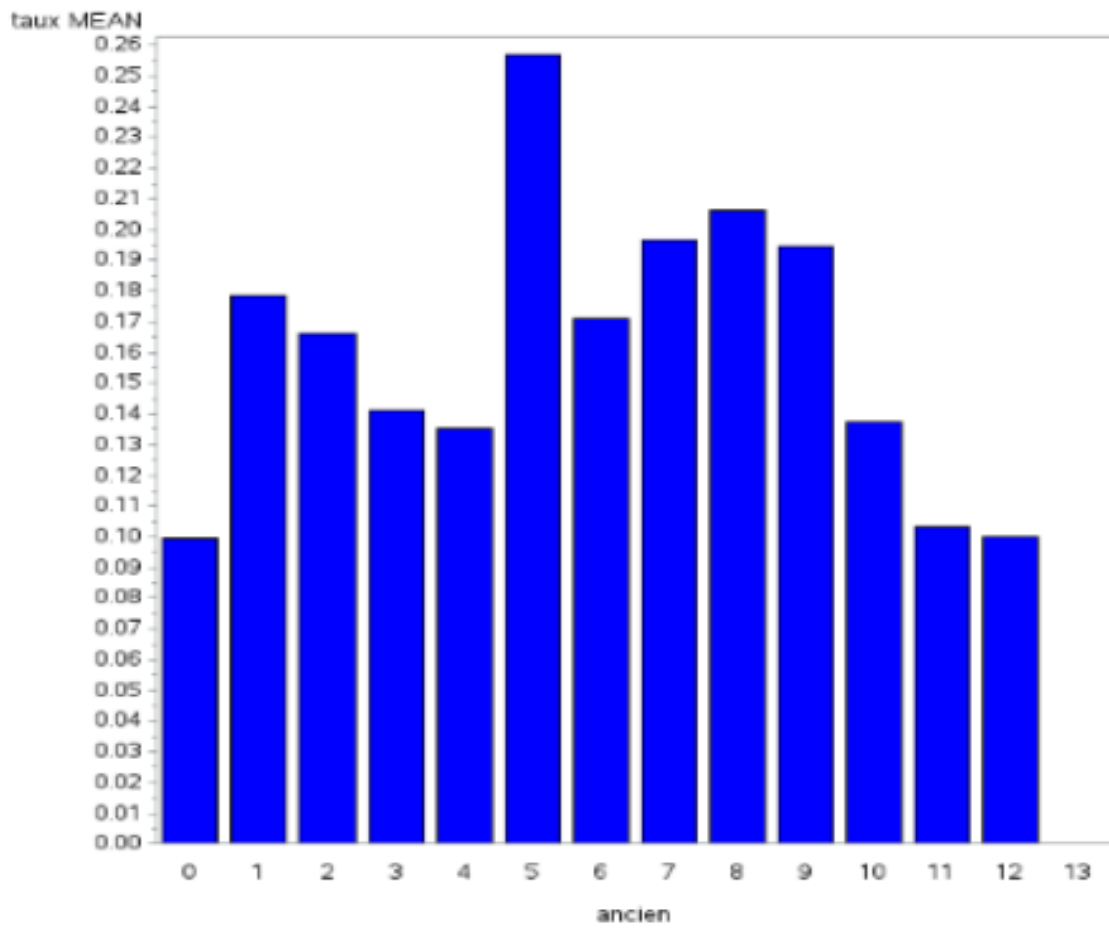


Figure 25 Taux de rachat partiel en fonction d'ancienneté.

On refait les mêmes étapes de la discrétisation qu'on appliqué avant et on trouve :

[1] 9.5

Classe 1 : [0,9]

Classe 2 :]9, - [

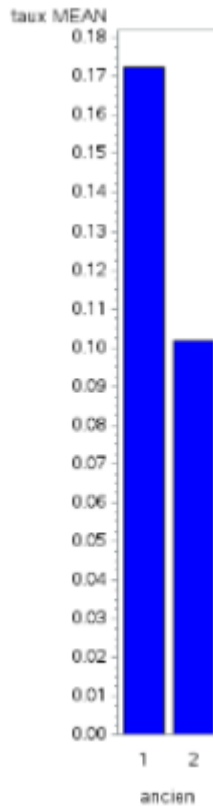


Figure 26 Taux de rachat partiel en fonction d'ancienneté après discrétisation.

La table de rachat total :

Après le traitement des bases de données des assurés et des sinistres à l'aide du SAS, on a pu extraire la table suivante qui représente les rachats partiels en fonction d'âge et d'ancienneté des assurés :

	age	ancien	rachat
338	48	4	1
339	48	5	0
340	48	6	0
341	48	6	1
342	48	7	0
343	48	8	0
344	48	9	0
345	48	10	0
346	48	11	0
347	49	0	0
348	49	1	0
349	49	2	0
350	49	2	1
351	49	3	0
352	49	4	0
353	49	5	0
354	49	5	1
355	49	6	0
356	49	7	0
357	49	7	1
358	49	8	0
359	49	8	1

Tableau 8 Base des rachats partiels.

On applique la régression logistique sur la table, après discrétisation d'âge et d'ancienneté, en utilisant la méthode de stepwise. On obtient les résultats suivants :



Figure 27 Warning message !

Un message d'avertissement nous informe que l'estimateur de maximum de vraisemblance peut ne pas exister, ce qui met la validation de notre modèle en question.

Pour résoudre ce problème, on a essayé de regrouper des classes de la variable âge et on a trouvé les résultats suivants :

Classe 1 : [18,61]

Classe 2 :]61 , - [

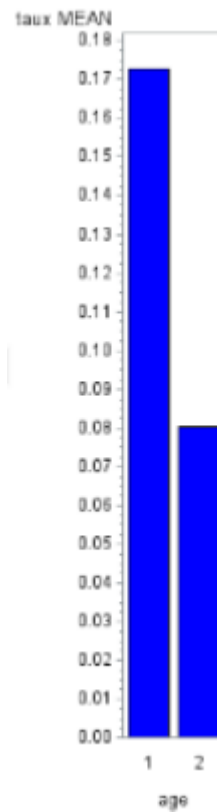


Figure 28 Taux de rachat partiel en fonction d'âge après regroupement des classes.

Après la discrétisation, on obtient deux classes d'âge et deux classes d'ancienneté. On refait la modélisation :

Estimations par l'analyse du maximum de vraisemblance						
Paramètre		DDL	Estimation	Erreur type	Khi-2 de Wald	Pr > Khi-2
Intercept		1	-0.5872	0.0921	40.6261	<.0001
age	2	1	-1.2236	0.3692	10.9865	0.0009
ancien	2	1	-1.4252	0.3476	16.8126	<.0001

Tableau 9 Estimation par l'analyse du maximum de vraisemblance (Rachat partiel).

D'après le tableau, nos variables explicatives sont significative. En effet, les p-values sont inférieures à 5%.

Test de l'hypothèse nulle globale : BETA=0			
Test	Khi-2	DDL	Pr > Khi-2
Rapport de vrais	37.9394	2	<.0001
Score	31.7800	2	<.0001
Wald	27.8980	2	<.0001

Tableau 10 Validation du modèle (Rachat partiel).

Les p-values des test de validation du modèle sont inférieures à 5%, ce qui signifie que notre modèle est validé.

ANNEXE 2 : Modélisation de la maturité

Pour le produit FI, l'assuré peut demander la liquidation de ses droits à partir de l'âge de 50ans. La sortie peut être en rente ou en capital, mais dans notre cas, la sortie en rente est négligeable, donc on ne considère que la sortie en capital.

Avant 50 ans, la probabilité de sortir en capital est nulle, on modélise donc pour les assurés âgés de plus de 50 ans.

Les variables explicatives

Nos variables explicatives sont toujours l'âge et l'ancienneté. Avant de les introduire dans notre modèle, on doit s'assurer de la non corrélation entre ces variables.

La corrélation entre les variables :

D'après le tableau suivant, nos deux variables explicatives, l'âge et l'ancienneté, ne sont pas corrélés,. En effet, le coefficient de corrélation est faible, et la p-value est inférieure à 5% :

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 690 Proba > r sous H0: Rho=0		
	age	ancien
age	1.00000	0.16719 <.0001
ancien	0.16719 <.0001	1.00000

Tableau 11 Corrélation entre l'âge et l'ancienneté (Maturité).

Les présentations graphiques des variables :

La présentation graphique des taux de sortir en capital en fonction d'âge :

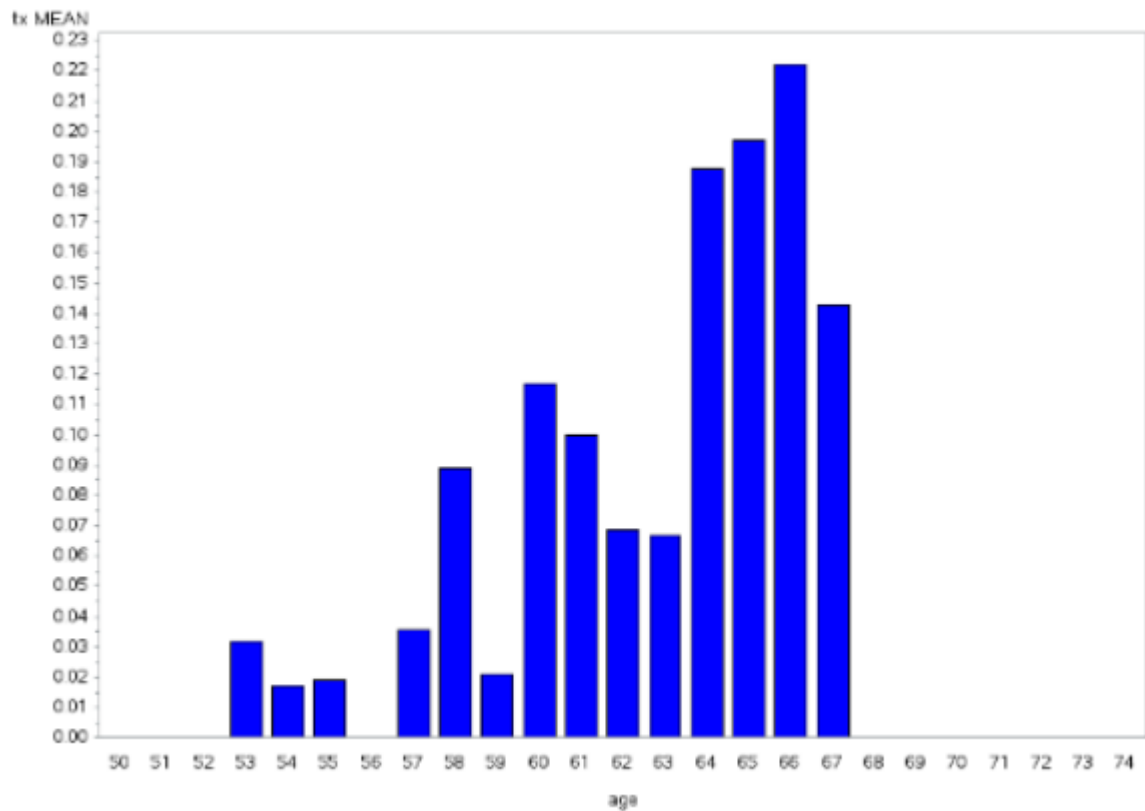


Figure 29 Taux de sortir en capital par âge.

D'après le graph on remarque que la courbe de la variable âge n'a pas de tendance, on doit donc discrétiser cette pour l'introduire dans le modèle.

Après la discrétisation sous R, on trouve les résultats suivants :

```
[1] 52.5 59.5
```

Classe 1 : [18,52]

Classe 2 :]52 ,59]

Classe 3 :]59, - [

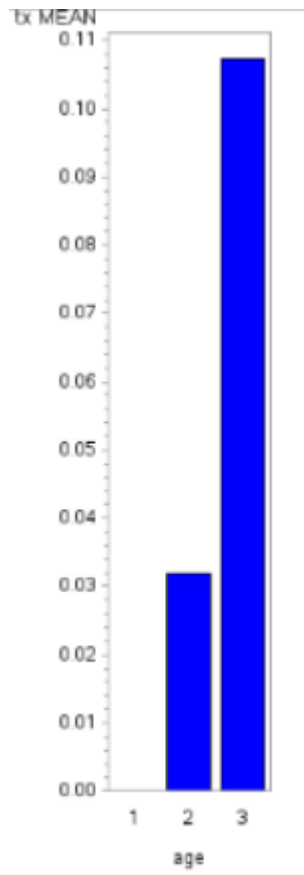


Figure 30 Taux de sortir en capital par âge après discrétisation.

La présentation graphique des taux de sortir en capital en fonction d'ancienneté :

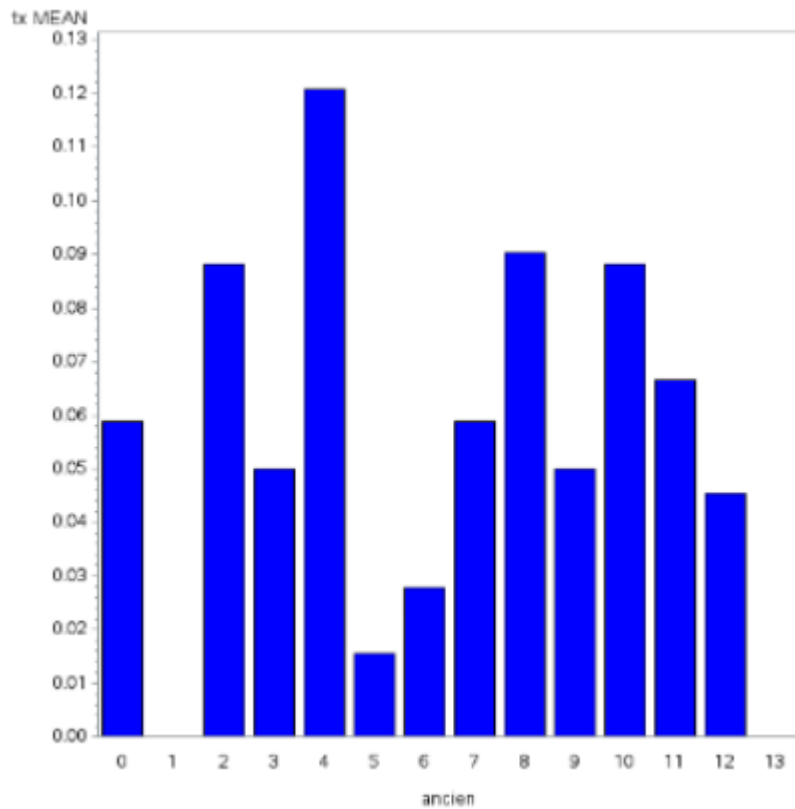


Figure 31 Taux de sortir en capital par ancienneté.

Après la discrétisation de la variable ancienneté, on a trouvé les résultats suivants :

[1] 1.5

Classe 1 : [0,1]

Classe 2 :]1, - [

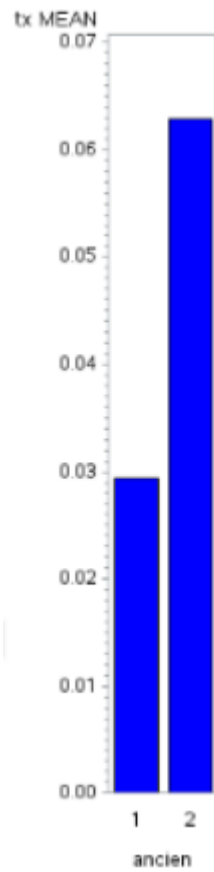


Figure 32 Taux de sortir en capital par ancienneté après discrétisation.

La table de maturité :

On a extrait la table de maturité (sortie en capital) en fonction d'âge et ancienneté, après un traitement des bases de données :

	age	ancien	mat
52	51	5	0
53	52	0	0
54	52	1	0
55	53	0	0
56	53	1	0
57	54	1	0
58	54	2	0
59	54	5	0
60	56	2	0
61	57	2	0
62	57	4	0
63	58	4	0
64	59	2	0
65	59	5	0
66	60	2	1
67	60	4	0
68	61	1	0
69	61	4	0
70	62	2	0
71	64	5	0
72	66	0	1
73	66	3	0

Tableau 12 Table de maturité.

On applique la régression logistique à l'aide du SAS et on obtient les résultats suivants :



Figure 33 Warning message.

On a trouvé le même problème qu'on a trouvé avec la modélisation du rachat partiel, pour le résoudre, on regroupe les deux premières classes d'âge :

Classe 1 : [50,59]

Classe 2 :]59, - [

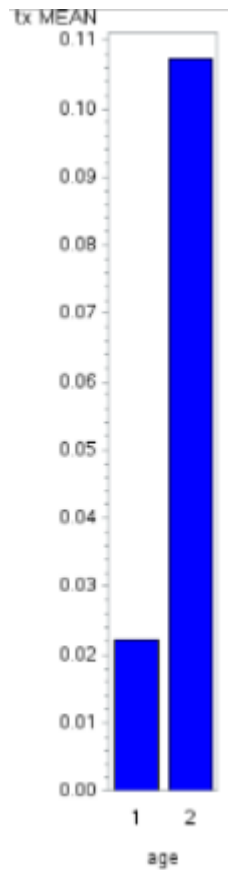


Figure 34 Taux de sortir en capital par ancienneté après regroupement des classes.

On refait la régression logistique en utilisant la méthode stepwise :

Récapitulatif sur la sélection séquentielle							
Etape	Effet		DDL	Nombre dans	Khi-2 du score	Khi-2 de Wald	Pr > Khi-2
	Saisi	Supprimé					
1	age		1	1	22.8988		<.0001
2	ancien		1	2	4.1892		0.0407
3		ancien	1	1		3.2141	0.0730

Figure 35 Récapitulatif sur la sélection séquentiel.

D'après le tableau ci-dessus, on ne peut retenir que la variable âge, l'ancienneté n'explique pas la probabilité de sortir en capital.

Estimations par l'analyse du maximum de vraisemblance					
Paramètre	DDL	Estimation	Erreur type	Khi-2 de Wald	Pr > Khi-2
Intercept	1	-4.1530	0.3563	135.8446	<.0001
age	2	1.8694	0.4425	17.8446	<.0001

Tableau 13 Estimation par l'analyse du maximum de vraisemblance (maturité).

On remarque que l'estimation a donné des p-values inférieurs à 5%, donc la variable âge est significative pour notre modèle.

Il ne reste que les testes la validation du modèle :

Test de l'hypothèse nulle globale : BETA=0			
Test	Khi-2	DDL	Pr > Khi-2
Rapport de vrais	19.1419	1	<.0001
Score	22.8988	1	<.0001
Wald	17.8446	1	<.0001

Tableau 14 Validation du modèle (maturité).

D'après les tests de validation, on remarque que les plus-values sont inférieurs à 5%, donc notre modèle est bien valide.

La courbe de ROC nos confirme la validation du modèle, puisque la valeur de l'aire sous la courbe de ROC est égale à 0,7155.

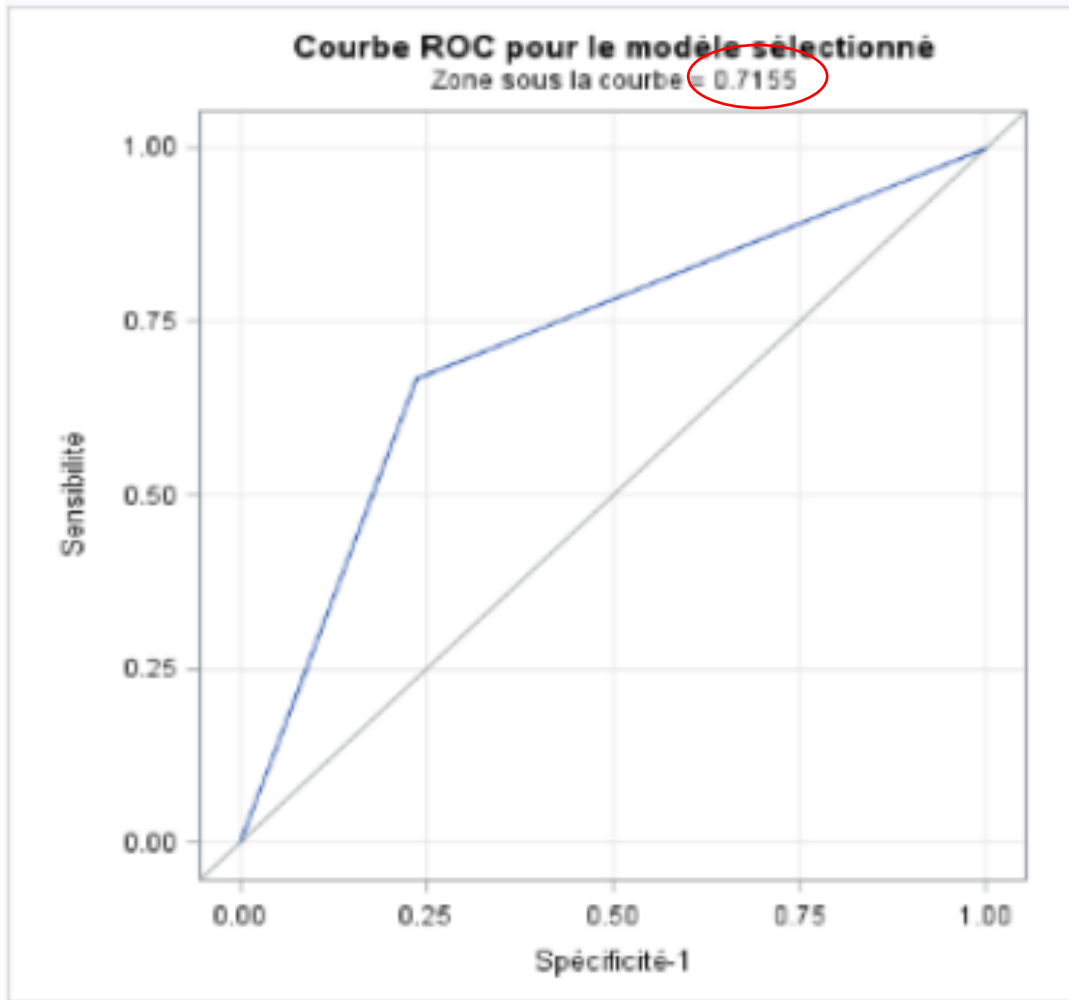


Figure 36 La courbe de ROC

ANNEXE 3 : Modélisation de reversement

On a utilisé les mêmes variables explicatives, âge et ancienneté, pour modéliser des reversement.

Coefficients de corrélation de Pearson, N = 6095 Proba > r sous H0: Rho=0		
	age	ancien
age	1.00000	0.27480 <.0001
ancien	0.27480 <.0001	1.00000

Tableau 15 Corrélation entre âge et ancienneté (reversement).

On remarque d'après ce tableau qu'on a pas de corrélation entre nos variables explicatives, donc on peut les introduire dans notre modèle.

Après le traitement de nos bases de données, on a pu obtenir la table suivante avec laquelle on fait la modélisation :

	age	ancien	versement
322	38	1	1
323	39	2	1
324	40	3	1
325	41	4	1
326	42	5	1
327	43	6	1
328	44	7	1
329	45	8	1
330	46	9	1
331	47	10	1
332	48	11	1
333	49	12	1
334	49	12	0
335	54	0	1
336	55	1	1
337	56	2	1
338	57	3	1
339	57	3	0
340	53	0	1
341	54	1	1
342	55	2	1
343	56	3	1

Tableau 16 Table de versement.

Avec la méthode stepwise, on a trouvé que la variable ancienneté n'explique pas les versements :

Analyse des effets éligibles pour une entrée			
Effet	DDL	Khi-2 du score	Pr > Khi-2
ancien	1	0.2289	0.6323

Tableau 17 Analyse des effets éligibles pour une entrée (Versement).

La distribution d'âge en fonction du taux de versement n'a pas de tendance, donc on discrétise la variable âge et on modélise en fonction des tranches d'âge :

[1] 38.5

Les classes d'âge :

➤ Classe 1 : [18, 38]

➤ Classe 2 :]38,--[

La régression logistique sous SAS nous a donnés les résultats suivants :

Estimations par l'analyse du maximum de vraisemblance						
Paramètre		DDL	Estimation	Erreur type	Khi-2 de Wald	Pr > Khi-2
Intercept		1	1.0944	0.0491	496.2098	<.0001
age	2	1	0.1457	0.0624	5.4564	0.0195

Tableau 18 Estimation par l'analyse du maximum de vraisemblance (Reversement).

Notre variable explicative, âge, est bien significative. En effet, la p-value est inférieur à 5%.

Test de l'hypothèse nulle globale : BETA=0			
Test	Khi-2	DDL	Pr > Khi-2
Rapport de vrais	5.4244	1	0.0199
Score	5.4611	1	0.0194
Wald	5.4564	1	0.0195

Tableau 19 Test de l'hypothèse nulle globale (Reversement).

D'après le tableau suivant, les p-value des test de validation du modèle sont inférieur à 5% :

Après la modélisation, on peut écrire la probabilité de reversement comme suit :

$$p_{\text{reversement}} = \frac{e^{1,0944+0,1457*1_{\text{age}>38}}}{1 + e^{1,0944+0,1457*1_{\text{age}>38}}}$$