

**Mémoire présenté devant l'ENSAE ParisTech
pour l'obtention du diplôme de la filière Actuariat
et l'admission à l'Institut des Actuaires**

le 02/03/2017

Par : Ali MECHAWRAB

Titre: La directive sur la distribution en assurance et son impact sur
l'activité d'épargne des compagnies d'assurance

Confidentialité : NON OUI (Durée : 1 an 2 ans)

Les signataires s'engagent à respecter la confidentialité indiquée ci-dessus

Membres présents du jury de la filière

Entreprise : Axa France

Nom :

Signature :

*Membres présents du jury de l'Institut
des Actuaires*

Directeur de mémoire en entreprise :

Nom : GUEYE Yacine

Signature :

***Autorisation de publication et de
mise en ligne sur un site de
diffusion de documents actuariels
(après expiration de l'éventuel délai de
confidentialité)***

Signature du responsable entreprise

Secrétariat :

Signature du candidat

Bibliothèque :

Résumé

La directive européenne sur la distribution en assurance (*Insurance Distribution Directive, IDD*) a été publiée au journal officiel de l'Union européenne le 23 février 2016 et devra être transposée dans le droit national français dans un délai de 2 ans. IDD réorganise en profondeur la pratique de la distribution en assurance et s'inscrit dans une démarche globale de protection accrue du consommateur. La directive cherche en particulier à prévenir les conflits d'intérêts entre le client et le vendeur du contrat d'assurance. Ces conflits d'intérêts peuvent émerger du fait des systèmes de rémunération des distributeurs mis en place par les compagnies d'assurance : la rémunération d'un intermédiaire d'assurance peut, par exemple, le pousser à vendre au client un produit lui étant très rémunérateur mais mal adapté aux besoins du client.

La première partie mémoire s'est attachée à l'analyse d'un type de système de rémunération des intermédiaires d'assurances, afin d'en proposer d'éventuels aménagements dans l'optique de le rendre conforme à IDD. Les conséquences de ces modifications sur la rémunération des intermédiaires d'assurance ont par la suite été étudiées. Dans un second temps, on s'est intéressé à quantifier l'impact d'IDD sur le taux de rendement interne (TRI) d'un produit type d'épargne commercialisé par les intermédiaires d'assurance. Suivant cet objectif, on a modélisé la durée de vie d'un assuré ayant souscrit un contrat d'épargne au moyen des modèles prospectifs de Cairns-Blake et Dowd. La dernière partie a porté sur l'étude de l'impact d'IDD sur le TRI en prenant en compte les conséquences de la directive sur les hypothèses de commissionnement et en intégrant les prévisions du modèle de durée retenu.

Abstract

The Insurance Distribution Directive, IDD, was published in the official journal of the European Union on 23 February 2016. The new directive will be effective in the French legislation within the next 2 years and will reorganize deeply insurance distribution in France. Indeed, the directive aims to improve the customer protection by preventing the conflicts of interest between the buyer and the seller of an insurance contract. The conflicts of interest arise from remuneration structures set up by insurance companies and damage the interests of customers. For example, insurance intermediaries could be incited to sell an inappropriate (for the customer) product in order to increase his own wage.

The first part of the study concentrate on a classical remuneration system of insurance intermediaries: we identify which parts of theirs remuneration could generate conflicts of interests between the intermediary and his customer. We then make the appropriate modifications and quantify IDD's impact on intermediaries' remuneration. We also study the impact of the new directive on the internal rate of return (IRR) which measures the profitability of insurance contracts. Following this objective, we develop a mortality model to forecast the evolution of a customer's mortality rates. We use in that order 2 different versions of Cairns-Blake-Dowd model. Finally, we integrate the constructed mortality curves in the model that calculates the IRR and we make the appropriate changes to the projection hypotheses in order to quantify IDD's impact on the IRR.

Table des matières

1.	Introduction.....	1
2.	Cadre du stage.....	2
2.1.	Axa France	2
2.1.1.	Présentation	2
2.1.2.	Chiffres clés du groupe AXA	2
2.1.3.	L'équipe « produits et rémunération »	2
2.1.4.	L'assurance vie	3
2.1.5.	L'assurance de personnes	3
2.2.	Le réseau de distribution d'Axa France	4
2.2.1.	La distribution en assurance.....	4
2.2.2.	Les intermédiaires d'assurance	4
2.2.3.	Le modèle de distribution d'Axa France.....	5
2.3.	Schéma type de rémunération d'une activité Vie.....	5
2.3.1.	Rémunération à l'acquisition	5
2.3.2.	Rémunération sur encours (REC)	6
3.	Contexte réglementaire	7
3.1.	Définitions	7
3.1.1.	Une directive	7
3.1.2.	Les origines : DIA	7
3.1.3.	Les limites de DIA	9
3.1.4.	IDD et MiFID 2	9
3.2.	Insurance Distribution Directive (IDD)	11
3.2.1.	Extension du champ d'application	11
3.2.2.	Système de commission	11
3.2.3.	Conflits d'intérêts et transparence.....	12
3.2.4.	Formation professionnelle	12
3.2.5.	Devoir de conseil	12
3.2.6.	Informations à fournir	12
3.2.7.	Gouvernance des produits	13
3.3.	Les conséquences sur l'activité d'assurance	13
3.3.1.	Détection des sources de conflits d'intérêts.....	13
3.3.2.	Une estimation des avantages d'IDD	14

4.	Impacts sur la rémunération des intermédiaires	15
4.1.	Conformité des mécanismes de rémunération.....	15
4.1.1.	Rémunération à l'acquisition	15
4.1.2.	Rémunération sur encours (REC)	17
4.1.3.	La transparence et ses limites	17
4.2.	Evolution des schémas de rémunération.....	18
4.2.1.	Les bases de données utilisées.....	18
4.2.2.	Etude descriptive de la base ad-hoc.....	19
4.2.3.	IDD : lissage de la rémunération à l'acquisition	20
4.2.4.	L'impact financier	21
5.	Construction d'une table de mortalité d'expérience	23
5.1.	Tables de mortalité prospective.....	23
5.1.1.	Les notions utilisées	23
5.1.2.	Approche transversale/longitudinale.....	24
5.1.3.	Les hypothèses	25
5.1.4.	Les données sur la population de référence	27
5.2.	Le modèle de Cairns-Blake-Dowd	30
5.2.1.	Présentation	30
5.2.2.	Interprétation des paramètres.....	31
5.2.3.	Estimation du modèle	32
5.2.4.	Qualité d'ajustement du modèle	34
5.3.	Prévision de la mortalité	36
5.3.2.	Modélisation des paramètres $kt(i)$	36
5.3.3.	Prévision des paramètres.....	37
5.4.	Le modèle de CBD avec effet de cohorte.....	39
5.4.1.	Présentation et estimation.....	39
5.4.2.	Prévision	40
5.4.3.	Qualité d'ajustement et comparaison.....	41
5.4.4.	Durée de vie résiduelle.....	42
5.4.5.	Limites	43
6.	Etude de la rentabilité.....	45
6.1.	TRI : généralités	45
6.1.1.	Inversion du cycle de production	45
6.1.2.	Model point.....	46
6.1.3.	Les hypothèses	46
6.1.4.	Provision mathématique	46

6.1.5.	Projection des flux.....	47
6.2.	Etude du TRI d'un contrat épargne PUVL.....	47
6.2.1.	Le contrat étudié	47
6.2.2.	Intégration des modèles sur la mortalité CBD 1 et CBD 2.....	48
6.2.3.	Chargement à l'acquisition.....	49
6.2.4.	Les commissions : IDD et son impact	50
7.	Conclusion	51
8.	Bibliographie.....	52
9.	Annexes	54
9.1.	Résultats	54
9.1.1.	Lissage de la fonction de rémunération à l'acquisition.....	54
9.1.2.	Tests de Breusch-Pagan.....	54
9.1.3.	Paramètres $k(t)$ du modèle CBD 2	55
	Note de synthèse.....	56
	Synthesis.....	60

1. Introduction

Les intermédiaires d'assurance constituent un canal de distribution très important pour l'assureur. **Ces intermédiaires vendent des contrats d'assurance, contribuent à la gestion et à l'administration des contrats d'assurance et aident les clients à choisir les produits répondant le mieux à leurs besoins, en leur fournissant des conseils personnalisés et en identifiant les risques qu'ils encourent.** En contrepartie de cette activité, ils sont rémunérés selon un schéma de rémunération déterminé par un accord avec la compagnie d'assurance.

Suite aux turbulences financières des dernières années, la protection du consommateur est devenue un enjeu central pour les autorités financières. Ceci est d'autant plus vrai que la complexité des marchés financiers et des produits commercialisés ne cesse de croître. **La directive sur la distribution d'assurance (IDD) s'inscrit dans ce cadre général de protection accrue des consommateurs dans le secteur de l'assurance, et surtout de l'assurance-vie.** Publiée au journal européen le 23 février 2016, les pays membres de l'UE ont 2 ans pour transposer la directive dans leur droit national.

La mise en application d'IDD aura des conséquences non négligeables sur l'activité d'assurance dans l'UE. La directive impose en particulier la détection et la prévention des conflits d'intérêts entre les vendeurs de contrats d'assurance et leurs clients. Or certains mécanismes de rémunération basés sur des critères quantitatifs, pourraient inciter les intermédiaires d'assurance à favoriser leurs propres intérêts au détriment des intérêts du client. Ceci conduit Axa France à mener une étude sur la conformité de certains mécanismes de rémunération type des intermédiaires d'assurance. L'étude a consisté à :

- Détecter les mécanismes de rémunération type pouvant générer des conflits d'intérêts client-vendeur ;
- Proposer des évolutions de ces mécanismes de rémunération pour les rendre conformes à IDD ;
- Quantifier l'impact financier de ces évolutions sur la rémunération des intermédiaires d'assurance ;
- Modéliser une loi de décès sur les assurés ayant souscrit un contrat d'épargne ;
- Quantifier l'impact d'IDD sur un indicateur de rentabilité, le taux de rentabilité interne (TRI).

Dans l'étude du TRI, on se focalisera sur la modélisation de la mortalité d'un assuré. Dans cette optique, on mettra en place deux modèles de Cairns, Blake et Dowd (CBD) avec et sans effet de cohorte. On étudiera les résultats prévus par les modèles ainsi que la qualité de leur ajustement. Enfin, on intégrera les modèles de mortalité dans le calcul du TRI et on étudiera les effets induits par IDD sur cet indicateur prospectif.

2. Cadre du stage

2.1. Axa France

2.1.1. Présentation

AXA est un groupe international français spécialisé dans le domaine de l'assurance et des services financiers. Axa fait partie des leaders mondiaux dans l'assurance en termes de chiffre d'affaires et propose à ses clients une gamme diverse de produits et services notamment concernant **l'assurance dommages, l'assurance vie, l'épargne, la retraite, les services de banque, la santé et la prévoyance, la transmission de patrimoine**. Le stage s'est déroulé à Axa France, qui est une société du groupe Axa spécialisée dans l'assurance de personnes (vie, retraite et épargne) et l'assurance dommage.

2.1.2. Chiffres clés du groupe AXA

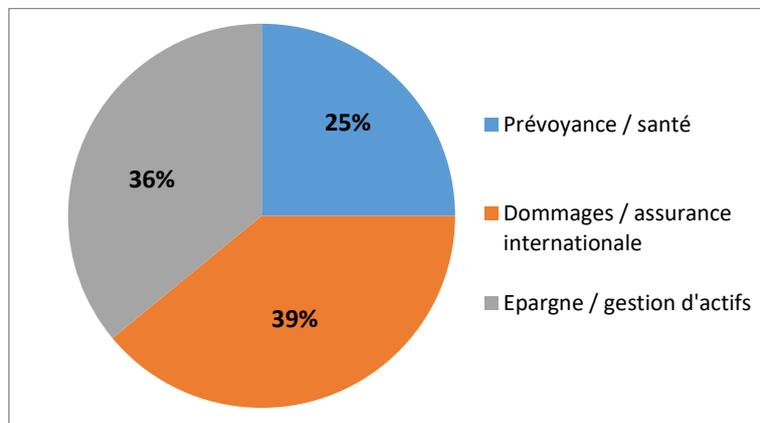


Figure 1: Répartition du chiffre d'affaire par secteur d'activité au 31/12/2015

Les principaux chiffres clés au 31/12/2015 sont:

- Un chiffre d'affaires de 99 milliards €
- Un résultat opérationnel de 5,6 milliards €
- 103 millions de clients à travers le monde
- 166 000 collaborateurs et distributeurs (salariés et distributeurs exclusifs)
- Un ratio de solvabilité II de 205 % (la marge réglementaire minimale est de 100%)

2.1.3. L'équipe « produits et rémunération »

Le stage a eu lieu à la direction Métiers Epargne et Wealth management au sein du département Produits Assurance Vie, Retraite et Technique dans l'équipe produits et rémunération. Les missions principales de l'équipe comprennent :

- La conception de nouveaux produits Epargne et Retraite adaptés aux besoins des clients ainsi que l'amélioration de l'offre existante.
- La définition, en collaboration avec la Direction de la Distribution, des politiques de rémunération des réseaux exclusifs en veillant à aligner la rentabilité d'Axa France avec une rémunération satisfaisante pour les agents et les salariés commerciaux.

- S'assurer du respect des obligations réglementaires et fiscales : étudier par exemple l'impact des réglementations sur l'activité d'Axa France en assurant un suivi des protocoles de rémunération.

2.1.4. L'assurance vie

La notion d'assurance vie, définie par l'ACPR, « recouvre l'ensemble des opérations d'assurance qui se rapportent directement ou indirectement à l'assurance des risques liés à la durée de la vie humaine. »

Le contrat d'assurance vie individuelle est ainsi une convention par laquelle l'assureur, en échange d'un ou de plusieurs versements (la prime), s'engage envers le souscripteur à verser un capital ou une rente, en cas de vie ou de décès de l'assuré, pendant la durée du contrat.

Axa France commercialise différents produits d'épargne et notamment le **contrat à prime unique et versements libres (PUVL)** : dans ce contrat, l'assuré effectue un versement initial et peut ensuite effectuer des versements complémentaires (*versements libres, VL*) pendant la durée de vie du contrat. L'assuré peut aussi choisir d'alimenter son contrat en « programmant » des versements avec une périodicité et des montants de versements prédéfinis (*versements libres programmés ou PP*, primes périodiques). Les contrats d'épargne peuvent avoir deux types de support :

- Euros : l'épargne de l'assuré est placée sur un fonds et capitalise chaque année à un taux dépendant de la production financière de l'assureur. En cas de décès, de rachat ou d'arrivée à terme du contrat, un capital (correspondant à la provision mathématique) est versée à l'assuré ou au bénéficiaire. L'investissement de l'assuré est protégé car la provision mathématique est toujours au moins égale aux investissements de l'assuré.
- Unités de compte (UC) : l'épargne de l'assuré correspond à un portefeuille d'actifs financiers et évolue selon les mouvements observés sur les marchés. L'épargne est donc soumise aux aléas financiers et peut devenir inférieure aux investissements de l'assuré (somme des primes versées).

En cas de décès de l'assuré, de rachat ou d'arrivée à terme du contrat, la provision mathématique est versée (moyennant d'éventuelles pénalités en cas de rachat) au bénéficiaire désigné lors de la signature du contrat.

2.1.5. L'assurance de personnes

L'assurance de personnes regroupe les contrats d'assurance qui couvrent des personnes physiques contre les accidents corporels, le décès, la maladie et plus généralement contre les aléas rencontrés en cours de leur existence. Cette notion inclut aussi les contrats d'assurance-vie (contrats de capitalisation). Un contrat d'assurance de personnes peut être souscrit de manière individuelle ou collective. Axa France commercialise différents types de contrats d'assurance de personnes. On distingue les contrats d'assurance de type :

- Epargne/Retraite : permettent au client d'accumuler une épargne en vue de se constituer un capital ou une retraite à long terme.
- Prévoyance : permettent d'anticiper et de couvrir les difficultés financières en cas de décès, d'incapacité, d'invalidité ou de dépendance.
- Santé : couvrent les frais liés aux dépenses de santé.

2.2. Le réseau de distribution d'Axa France

2.2.1. La distribution en assurance

L'activité de distribution commerciale correspond à la commercialisation de produits à des consommateurs finaux. La directive sur la distribution en assurance (***Insurance Distribution Directive, IDD***) définit la distribution d'assurance comme étant : « toute activité consistant à fournir des conseils sur des contrats d'assurance, à proposer, à conclure ou à réaliser des travaux préparatoires à la conclusion de tels contrats, à contribuer à leur gestion et à leur exécution, notamment en cas de sinistre, y compris la fourniture d'informations sur un ou plusieurs contrats d'assurance [...] et l'établissement d'un classement de produits d'assurance comprenant une comparaison des prix et des produits, ou une remise de prime, lorsque le client peut conclure un contrat directement ou indirectement au moyen d'un site internet ou d'autres moyens de communication ».

L'intermédiation est quant à elle une activité plus spécifique qui vise à faciliter le rapprochement entre l'offre et la demande par la mise en relation d'acteurs économiques ayant des intérêts complémentaires. On présente ci-dessous quelques points essentiels sur les intermédiaires d'assurance :

2.2.2. Les intermédiaires d'assurance

Les intermédiaires d'assurance sont des acteurs essentiels de la vente des produits d'assurance en France et en UE. En contrepartie de leur activité, ils sont rémunérés par le fournisseur sous forme de commissions, d'honoraires, d'intéressement ou de versement pécuniaire. Les intermédiaires aident les assureurs :

- En facilitant leur entrée sur le marché et en aidant les nouvelles compagnies à toucher une large clientèle sans devoir réaliser les investissements nécessaires à l'établissement d'un réseau de distribution.
- En contribuant à la gestion des sinistres, tant sur le plan de l'évaluation du montant des dommages que sur le plan de la liquidation des sinistres.
- En facilitant l'administration des contrats d'assurance.

Les intermédiaires aident également les assurés :

- En identifiant les risques qu'ils encourent.
- En permettant à leurs clients de prendre des décisions en toute connaissance de cause quant aux risques à assurer.
- En fournissant des conseils personnalisés.

Certains vendeurs de produits d'assurance, tels que les sociétés de location de voitures et les agences de voyages, exercent l'activité d'intermédiation commerciale à titre accessoire.

2.2.3. Le modèle de distribution d'Axa France

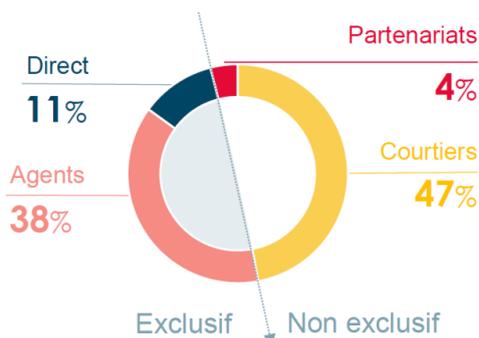


Figure 2: Les réseaux de distribution d'Axa France

Le réseau de distribution commercial d'Axa France est divisé en 3 catégories :

- les réseaux propriétaires (exclusifs) qui vendent exclusivement des produits d'Axa France et qui sont composés par:
 - Les agents généraux Axa France (**AGA**) : les agents généraux vendent des produits IARD ainsi que des produits d'assurance-vie (Epargne, Retraite et Prévoyance).
 - Les salariés Axa Epargne et Protection (**AEP**) : il s'agit d'employés d'Axa France qui commercialisent des contrats d'épargne et de retraite.
 - Les agents généraux Axa Patrimoine et Prévoyance (**A2P**) : ils sont spécialisés dans la vente de produits d'Epargne/Retraite.
- le réseau des courtiers d'assurance : Ils sont indépendants d'Axa France et exercent leur activité en toute liberté en choisissant pour leurs clients, en fonction des besoins et des exigences, le produit d'assurance le plus adapté.

En contrepartie de leurs services de vente, les collaborateurs d'Axa France reçoivent une rémunération qui dépend du réseau ainsi que des produits vendus. **Dans ce mémoire, on se concentrera uniquement sur des schémas de rémunération type liés à l'exercice d'une activité d'épargne.**

2.3. Schéma type de rémunération d'une activité Vie

On a vu en 2.2.2 que les intermédiaires d'assurance contribuent grandement à l'activité de la compagnie d'assurance. En contrepartie de cette collaboration, les intermédiaires perçoivent de la part de l'assureur une rémunération liée à la vente et la gestion des contrats d'épargne. La structure de cette rémunération prend en général compte de la performance ainsi que de la nature des produits vendus.

2.3.1. Rémunération à l'acquisition

La rémunération à l'acquisition (appelée aussi commission d'acquisition) est un mécanisme visant à rémunérer la "production" des intermédiaires d'assurance au cours d'une année civile. Les intermédiaires sont ainsi rémunérés uniquement sur les *affaires nouvelles (AN)*, les *versements libres (VL)* et les *versements libres programmés (VLP)* enregistrés au cours d'une année civile. Cette rémunération dépend donc directement de leur chiffre d'affaire annuel.

Il est important de distinguer les frais d'acquisition des commissions d'acquisition. En effet, les frais d'acquisition sont payés par les adhérents lors d'un versement initial ou d'un reversement. Ces frais (appelés aussi chargement) sont collectés par les intermédiaires d'assurance et reversés à la compagnie d'assurance. Ils correspondent donc à des revenus pour la compagnie. En contrepartie, les commissions à l'acquisition sont les montants dépensés par l'assureur pour rémunérer les intermédiaires de leur activité d'intermédiation.

La rémunération à l'acquisition est souvent croissante du montant du versement effectué par le client. On présente dans le paragraphe suivant, un exemple de mécanisme de rémunération basé sur les frais collectés annuellement par l'intermédiaire d'assurance :

- Frais collectés

Dans cet exemple, l'intermédiaire est rémunéré à l'acquisition en fonction des frais prélevés sur le client. Ce schéma de rémunération prend en compte le cumul annuel des frais collectés sur l'ensemble des versements effectués sur les contrats épargne (pour les affaires nouvelles, les reversements et les versements périodiques). La grille ci-dessous présente un exemple de calcul possible de cette rémunération.

Tranche en €	Grille actuelle
[0 ; 5 000[10% * frais
[5 000 ; 10 000[20%*5000 + 50%*(frais - 5000)
≥ 10 000	20%*5 000 + 50%*5 000 + 85%*(frais - 10 000)

Tableau 1: Rémunération à l'acquisition sur les frais collectés

On remarquera que la fonction présente une discontinuité au point 5000€, qui pourrait être à l'origine d'un effet seuil (cf. 4.1.1).

2.3.2. Rémunération sur encours (REC)

La rémunération sur encours est un mécanisme permettant de rémunérer l'intermédiaire d'assurance durant la vie du contrat. En effet, les intermédiaires gèrent le contrat en effectuant un suivi périodique de la relation client après-vente. Cette rémunération favorise une relation de « long terme » avec le client et concerne en général les contrats d'épargne. En effet, la REC est versée à l'intermédiaire uniquement pendant la durée de vie du contrat et l'incite donc à « garder » son client et à améliorer la qualité de service fournie.

Dans le cadre de ce mémoire, on suppose que l'intermédiaire perçoit une rémunération sur encours qui est bornée et croissante avec le taux de diversification des contrats gérés. Le taux de diversification correspond à la répartition de l'épargne entre les supports UC et les supports en euro. La REC de l'intermédiaire d'assurance ne peut donc être nulle et ne peut dépasser une certaine valeur limite.

3. Contexte réglementaire

La directive européenne sur la distribution en assurance (*Insurance Distribution Directive, IDD*) réorganise en profondeur la pratique de la distribution ainsi que le rôle des intermédiaires financiers en assurance dans toute l'Europe. Cette directive votée le 24 novembre 2015, a été publiée au journal officiel de l'Union européenne le 23 février 2016 et sera normalement appliquée dans les pays UE dans maximum deux ans. IDD s'inscrit dans une démarche globale en faveur de la protection accrue des clients en termes de transparence, de gouvernance des produits et de l'encadrement de la vente dans le secteur de l'assurance. De manière générale, cette directive prévoit d'harmoniser en UE les législations nationales et les pratiques commerciales en termes d'information précontractuelle, de professionnalisme et de compétence des vendeurs de contrats.

3.1. Définitions

3.1.1. Une directive

« Une directive est un acte juridique normatif européen pris par les institutions de l'Union Européenne ». Il s'agit d'un des instruments dont dispose l'UE pour mettre en œuvre sa politique au sein des pays membres: l'article 288 du traité sur le fonctionnement de l'UE énonce que la directive est contraignante pour les pays qui sont ses destinataires quant aux résultats à atteindre mais laisse le choix des moyens et de la forme pour atteindre ces objectifs dans des délais fixés lors de son adoption (en général dans les 2 ans). Une directive se distingue d'un règlement et d'une décision :

- À la différence du règlement, qui est applicable dans le droit national des pays de l'UE directement après son entrée en vigueur, la directive n'est pas directement applicable dans les pays de l'UE. Elle doit d'abord être transposée dans le droit national avant que les gouvernements, entreprises et particuliers puissent y avoir recours.
- La directive est un acte de portée générale pour l'ensemble des pays de l'UE, alors qu'une décision peut être adressée à un destinataire précis.

Après adoption de la directive à l'échelle des institutions européennes, chaque pays a l'obligation de la transposer (i.e. l'insérer dans son système juridique) suivant un délai fixé.

Dans le cas d'IDD, la directive doit être transposée dans le droit français avant le 23 février 2018.

Les Etats membres de l'UE jouissent d'une certaine flexibilité dans ce processus de transposition étant donné que la directive tient compte des spécificités propres à chaque pays. Dans le cas de la non-transposition de la directive, la Commission Européenne peut engager une procédure d'infraction et faire appel à la cour de justice de l'UE: la non-exécution du jugement peut entraîner une nouvelle condamnation pouvant se solder par une amende.

3.1.2. Les origines : DIA

Mise en application en décembre 2002, la directive sur l'intermédiation en assurance (DIA 2002/92/CE) était la première législation visant à réglementer la vente des produits d'assurance vie. DIA faisait suite à la recommandation 92/48/CEE de décembre 1991 et de la directive 77/92/CEE de 1976. La recommandation ainsi que l'ancienne directive ne suffisaient plus pour garantir la protection du consommateur dans le nouveau cadre de la **liberté de prestation de services** avec des produits d'assurance qui se diversifiaient de

plus en plus et des « *différences substantielles dans les dispositions nationales entravant l'accès aux activités des intermédiaires d'assurance* ». La liberté de prestation de services est la faculté pour un organisme, dont le siège social ou une succursale est situé dans un État membre de l'Espace économique européen, d'offrir ses services sur le territoire d'un autre État membre.

DIA s'applique uniquement aux intermédiaires d'assurance ou réassurance. La directive définit l'intermédiation en assurance (respectivement réassurance) comme étant « *toute activité consistant à présenter ou à proposer des contrats d'assurance (respectivement réassurance) ou à réaliser d'autres travaux préparatoires à leur conclusion ou à les conclure ou à contribuer à leur gestion et à leur exécution, notamment en cas de sinistre.* »

Un Intermédiaire d'assurance ou réassurance est ainsi « toute personne physique ou morale qui contre une rémunération, accède à l'activité d'intermédiation en assurance ou réassurance ». Les salariés des compagnies d'assurance et les intermédiaires vendant des produits d'assurance à titre accessoire (les agences de voyage et les sociétés de location de voitures par exemple) n'entrent pas dans le champ d'application de DIA.

DIA devait favoriser la concurrence sur le marché de l'assurance et contraindre les intermédiaires et les distributeurs d'assurance à proposer des produits adaptés aux besoins des clients. Dans cette optique, la directive imposait une série de mesures contrôlant l'accès au marché des intermédiaires, chaque État restant néanmoins libre de rehausser le niveau des exigences à l'égard des intermédiaires exerçant sur son territoire :

- Exigence d'immatriculation (Chapitre II, article 3): « les intermédiaires d'assurance ou de réassurance sont immatriculés par une autorité compétente, [...], dans leur Etat d'origine. »
- Exigences professionnelles (Chapitre II, article 4):
 1. « Tout intermédiaire d'assurance ou de réassurance possède les connaissances et aptitudes appropriées, [...] ».
En France, l'Autorité de Contrôle Prudentiel et Résolution (ACPR) définit 3 niveaux de capacité professionnelle en fonction du niveau de responsabilité de l'intermédiaire d'assurance. Cette capacité professionnelle est obtenue soit par formation, soit par expérience professionnelle.
 2. « Les intermédiaires d'assurance ou de réassurance sont des personnes honorables. »
Les intermédiaires doivent avoir un casier judiciaire vierge en ce qui concerne certaines infractions pénales graves (comme le blanchiment, la fraude fiscale) et ne devraient jamais être déclarés en faillite (sauf en cas de réhabilitation).
 3. « Tout intermédiaire d'assurance ou de réassurance est couvert par une assurance de la responsabilité civile professionnelle couvrant tout le territoire de la Communauté, [...]. »
 4. « Les Etats membres prennent toutes les mesures nécessaires pour protéger les clients contre l'incapacité de l'intermédiaire d'assurance de transférer la prime à l'entreprise d'assurance ou de transférer le montant de l'indemnisation ou d'une ristourne de prime aux assurés. » Ces mesures peuvent prendre plusieurs formes, comme la mise en place d'un fonds de garantie ou l'exigence par exemple de posséder une capacité financière correspondant à 4% des primes perçues par an avec un minimum de 15 000 euros.

3.1.3. Les limites de DIA

DIA 1 laisse à sa suite de fortes hétérogénéités de pratiques en Europe : la directive ne prévoyait pas d'harmonisation en termes de législation nationale entre les différents pays, ce qui a entraîné une mise en œuvre de façon très disparate dans les États membres de l'UE. En particulier, les différences de niveau d'information du client rendaient le marché d'assurance plus opaque. Par ailleurs, l'adoption de **Solvabilité II** et les conséquences de la crise financière de 2008 ont poussé à renforcer une plus grande cohérence entre la réglementation du secteur bancaire et celle de l'assurance. Parmi les limites de DIA :

- **La directive ne s'applique pas à certains canaux de distribution** comme la vente directe, les agences de voyage, les gestionnaires de sinistres. D'où un problème de variabilité de la protection offerte au consommateur en fonction du canal par lequel celui-ci achète le produit.
- La directive n'offre pas un niveau de protection suffisant contre les conflits d'intérêt entre le distributeur et le consommateur. Ces conflits d'intérêts sont essentiellement liés aux structures de rémunération des vendeurs et peuvent porter préjudice au consommateur.
- L'absence d'exigences suffisantes en matière de qualification professionnelle lors de la délivrance de conseils au client. Ces règles sont très variables d'un pays UE à l'autre et d'un canal de vente à l'autre.
- **Le manque d'harmonisation des sanctions prévues dans DIA.** Dans certains États d'UE, les sanctions n'ont pas d'effet dissuasif et il existe en plus des différences importantes dans les pouvoirs de sanction dont sont dotées les autorités nationales de supervision.

Tous ces aspects ont conduits les institutions européennes à adopter la nouvelle directive IDD en tenant compte des faiblesses de DIA.

3.1.4. IDD et MiFID 2

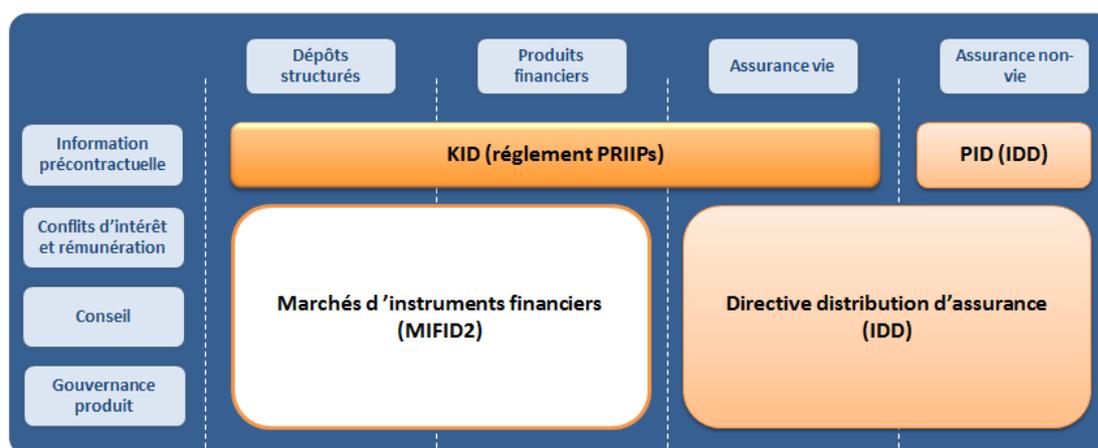


Figure 3: Panorama des directives/règlementations dans le secteur financier

Le nombre de règlements et directives régissant les pratiques commerciales et favorisant la protection de la clientèle s'est accru au cours des cinq dernières années pour couvrir l'ensemble des secteurs financiers : la directive de distribution en assurance (IDD), la directive sur les services de paiement (DSP), la directive sur les crédits hypothécaires à usage résidentiel (MCD), directive sur les comptes de paiement (PAD), le règlement sur

les documents d'informations clés (KID pour *Key Information Documents*) relatifs aux Produits d'investissement packagés de détail et fondés sur l'assurance (PRIIPs pour *Packaged Retail and Insurance-based Investment Products*), la directive sur les marchés d'instruments financiers (MiFID 2 pour *Markets in Financial Instruments Directive* ou MIF en abrégé) et la réglementation sur les marchés d'instruments financiers (MiFIR pour *Markets in Financial Instruments Regulation*).

En effet, la protection de la clientèle est au cœur des préoccupations actuelles des autorités européennes de surveillance, à savoir l'ABE (European Banking Authority) dans le domaine bancaire, l'EIOPA (European Insurance and Occupational Pensions Authority) pour les assurances et les pensions professionnelles et l'ESMA (European Securities and Markets Authority) pour les marchés financiers. Ces autorités européennes de surveillance se réunissent régulièrement en comité mixte (*Joint Committee*) afin de coordonner leurs actions.

L'évolution de la réglementation en assurance s'est ainsi accompagnée d'une évolution des règles dans le secteur bancaire et les marchés financiers. En effet, les institutions européennes souhaitent parvenir à une réglementation unique et cohérente pour toutes les activités financières rendant le marché plus transparent et accessible aux yeux des clients. On peut faire le parallèle entre DIA/IDD et les directives MiFID1 et MiFID2.

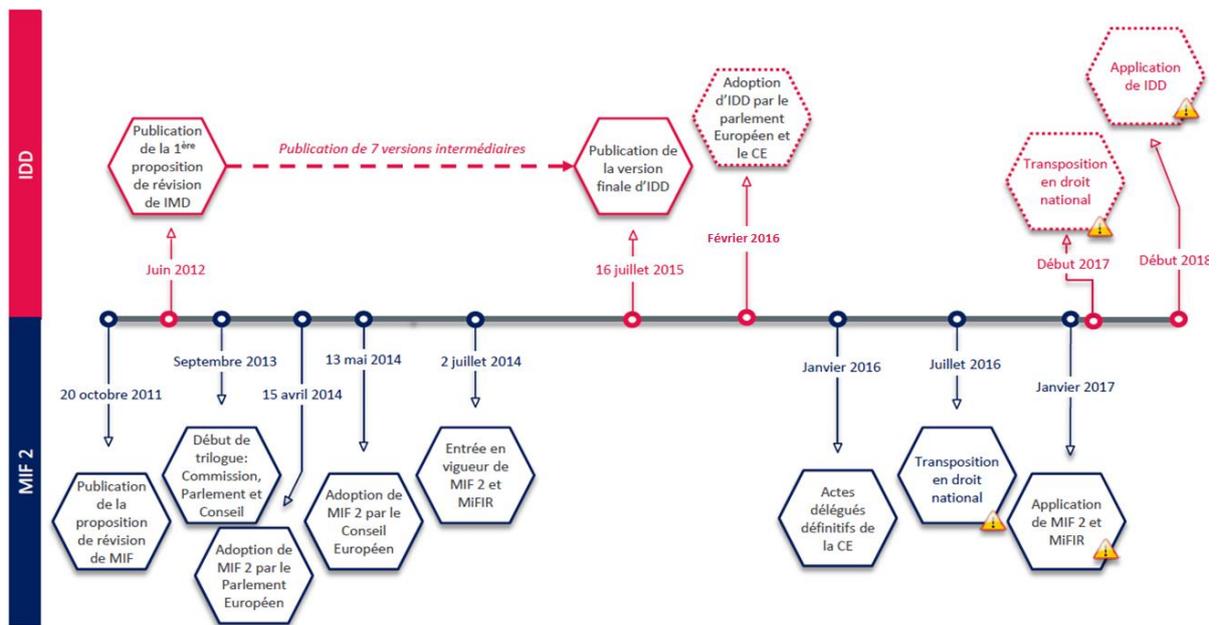


Figure 4: IDD et MIFID, les dates clés

- MIFID2

On décrit ici brièvement la directive MIFID 2. L'étude de cette directive est justifiée essentiellement par les nombreuses similarités qui existent entre le marché de l'assurance et le secteur bancaire.

MiFID1 a été appliquée sur les marchés financiers depuis le 1^{er} novembre 2007 et a été abrogée par MiFID2 le 15 mai 2014 suite à la crise financière de 2008. Le « paquet » MiFID II consiste en une directive et un règlement (MiFIR), sa date d'application prévue est le 3 janvier 2017. Le champ d'application de MiFID II comprend les marchés de valeurs mobilières, les intermédiaires d'investissement et les plates-formes de négociation.

Ceci inclut donc les prestataires de services d'investissement i.e. les entreprises ou établissements de crédit fournissant des services d'investissements. MiFID II comprend à la fois des nouvelles règles de pratique commerciale pour les intermédiaires financiers, (rémunération, information, connaissances professionnelles et adhésion à un système d'indemnisation des investisseurs) et d'extension de la réglementation aux plateformes de négociation et au trading algorithmique et à haute fréquence. Le règlement MIFIR établit quant à lui des règles de transparence en matière de négociation :

- « Toutes les activités de négociation organisées sont menées sur des plateformes de négociation réglementées ».
- Obligation de préciser si « les conseils sont fournis sur une base indépendante ou s'ils sont basés sur une analyse large ou une analyse restreinte du marché »
- Interdiction, pour les gestionnaires de portefeuille ou conseillers en investissements indépendants, d'accepter toute commission de la part de tiers.
- Extension de champ d'application des instruments, en distinguant les actions et les autres types d'instruments (obligations et dérivés).

3.2. Insurance Distribution Directive (IDD)

La directive IDD publiée le 2 février 2016 dans le journal officiel de l'UE, devra être transposée en droit interne avant le 23 février 2018. Parmi ses objectifs principaux est le renforcement de la protection des consommateurs, notamment suite aux turbulences financières récentes (crise 2008 par exemple) et l'harmonisation « *des dispositions nationales relatives à l'activité de distribution* ». La directive ne se contente pas d'élargir le champ d'application de DIA mais réorganise en profondeur la manière avec laquelle sont vendus les produits d'assurance en Europe. IDD prévoit ainsi une harmonisation minimale, les Etats membres restant libres d'adopter des dispositions plus strictes, visant la protection du consommateur. La nouvelle réglementation s'applique pour toutes ses dispositions, à tous les accords de distribution en cours. Les principaux changements causés par IDD sont:

3.2.1. Extension du champ d'application

La directive s'applique à tous les distributeurs d'assurance qu'ils soient producteurs (réseaux salariés), intermédiaires, comparateurs, vendeurs d'assurances à titre accessoire. Ainsi, la directive touche non seulement les réseaux d'intermédiaires mais plus généralement les réseaux de distribution (y compris la distribution sur internet), d'où le nom de la nouvelle directive. IDD s'applique aussi sous certaines conditions aux comparateurs d'assurances et aux distributeurs à titre accessoire.

3.2.2. Système de commission

IDD préserve le système de commission remis en cause pendant la phase préparatoire de la directive : la rémunération des distributeurs par rétrocession des commissions reste possible, ce système étant spécifique à la France. La directive préserve les spécificités de chaque pays en termes de réseaux de distribution et tient compte des différences entre les types de canaux de distribution.

3.2.3. Conflits d'intérêts et transparence

Les Etats doivent veiller à ce que les distributeurs de produits d'assurance ne soient pas rémunérés ou évalués sur leurs performances **d'une façon qui aille à l'encontre de leur obligation de servir au mieux les intérêts des clients**. Les distributeurs ne doivent pas prendre de dispositions sous forme de rémunération ou d'objectifs de vente qui encourageraient le vendeur d'un contrat à recommander un produit particulier alors qu'il pourrait proposer un autre, mieux adapté aux besoins du client.

Afin d'atténuer les conflits d'intérêts entre les consommateurs et le vendeur d'un contrat d'assurance, il est nécessaire de garantir un niveau d'information suffisant sur la rémunération des distributeurs d'assurance. En conséquence, **pour les produits d'assurance vie, l'intermédiaire et son salarié ou celui de l'entreprise d'assurance, doivent informer le client sur leur rémunération, avant la vente d'un produit**. Ainsi, avant la conclusion du contrat, l'intermédiaire fournit les informations suivantes : la nature de sa rémunération en lien avec le contrat ; le montant total de cette rémunération ou dans le cas où le montant exact ne peut être donné, la base de calcul des honoraires ou de la commission ; les objectifs ou les seuils de vente si le montant de la commission est fondé sur ces derniers.

3.2.4. Formation professionnelle

L'article 10 de la directive précise les aptitudes et compétences professionnelles exigées pour pratiquer l'activité de distribution. Ainsi, les pays membre de l'UE sont dans l'obligation d'instaurer des mécanismes qui visent le contrôle et l'évaluation des connaissances des distributeurs. Ces aptitudes doivent être suffisantes pour mener à bien les missions et dépendent donc des produits vendus, du type de distributeur, de la fonction et de l'activité exercée. Les Etats doivent instaurer dans cette optique, une formation d'un minimum de 15 heures par an qui vise à maintenir un niveau adéquat de compétence.

3.2.5. Devoir de conseil

Avant la conclusion d'un contrat d'assurance, **dans le cas où l'intermédiaire fournit des conseils** à son client, le vendeur doit fournir une recommandation personnalisée expliquant les raisons qui l'ont conduit à proposer un produit particulier. Le vendeur du contrat est tenu fonder ses conseils sur l'analyse d'un nombre suffisants de contrats offerts sur le marché.

Même en absence de conseil, le vendeur du contrat doit fournir au client les informations pertinentes sur le produit d'assurance, sous une forme compréhensible afin de lui permettre de prendre une décision en connaissance de cause, en tenant compte de la complexité du produit d'assurance et du type de client. Cependant, les exigences d'informations ne s'appliquent pas dans le cadre des grands risques ou en cas de clients professionnels.

3.2.6. Informations à fournir

Le distributeur doit fournir au consommateur un support d'informations normalisé sur le contrat vendu. Pour un contrat en assurance vie, ce support correspondra au « document d'informations clés » (*KID*) dont la forme et le contenu sont décrits par le Règlement UE n° 1286/2014 sur les « produits d'investissement packagés de détail et fondés sur l'assurance » (*PRIIP's*). Pour les contrats en assurance non vie, le distributeur doit remettre un « document d'informations sur le produit d'assurance » (*IPID, Insurance Product*

Information Document) similaire au KID, résumant les caractéristiques principales du contrat.

3.2.7. Gouvernance des produits

Les entreprises d'assurances sont dans l'obligation de maintenir, appliquer et réviser un processus de validation de chaque produit d'assurance destiné à la vente. Ce processus de validation détermine un marché cible pour chaque produit et contrôle la distribution des produits. L'entreprise examine ainsi régulièrement l'offre de produits commercialisés et vérifie que ceux-ci continuent de correspondre aux besoins du marché cible défini.

3.3. Les conséquences sur l'activité d'assurance

3.3.1. Détection des sources de conflits d'intérêts

Un des points ayant un impact non négligeable sur l'activité d'assurance-vie des compagnies d'assurance est la détection et la prévention des conflits d'intérêts entre les clients et les distributeurs. **Les conflits d'intérêts interviennent essentiellement à cause du système de rémunération mis en place par les compagnies d'assurance**, avec des structures de rémunération incitant les intermédiaires d'assurance à favoriser leurs propres intérêts au détriment des intérêts du client. Ces conflits d'intérêts peuvent porter préjudice au consommateur de deux manières différentes:

1. soit par un «verrouillage des intermédiaires dans des accords de quasi-exclusivité avec une seule entreprise d'assurance en amont, le résultat étant que les consommateurs qui s'adressent à l'intermédiaire ne disposent pas d'un choix suffisant pour répondre à leurs exigences.
2. soit par « la recommandation au client de produits les plus rémunérateurs pour le vendeur », mais mal adaptés à ses besoins et à son profil de risque.

En collaboration avec la direction juridique et en s'inspirant de l'avis technique de l'EIOPA du 30 janvier 2015, on présente ci-dessous les principales situations rencontrées en assurance générant des conflits d'intérêts ainsi que les « bonnes » pratiques à favoriser. Il est important de préciser que certaines des situations sont communes au secteur bancaire, ce qui permet d'anticiper les différentes évolutions prévues dans le secteur de l'assurance.

Mauvaises pratiques	Bonnes pratiques
Le rapport entre les rémunérations fixes et variables est inapproprié : une part variable élevée fondée sur des critères quantitatifs incite le distributeur à privilégier les gains à court terme	Limiter la part variable de la rémunération, par exemple < 20% de la rémunération totale
Une rémunération individuelle fondée exclusivement sur des critères quantitatifs	Introduction de critères qualitatifs : degré de satisfaction du client, qualité du devoir de conseil
Incitation à vendre un produit ou une catégorie de produits spécifiques, à résilier/racheter un ancien produit pour souscrire un nouveau	Les produits de la même gamme (i.e. répondent au même besoin et ayant le même type de risque) doivent être rémunérés de façon identique

Incitation à arbitrer ou à proposer un support plutôt qu'un autre, alors que les deux sont adaptés au client	Simplifier l'offre
Objectif minimal de vente pour percevoir un bonus, rémunération avec des « accélérateurs » par lesquels le fait de franchir un seuil accroît la rémunération	Une rémunération par seuil/tranches est possible si le fait de franchir un seuil n'augmente pas de manière discontinue la rémunération
Le produit est vendu sans vérifier s'il est adapté aux besoins des clients	Vérification périodique du caractère approprié du produit
L'intermédiaire est impliqué dans la gestion ou l'élaboration du produit	
Système de rémunération complexe avec des points de production	Simplifier la rémunération et la rendre homogène et accessible

Tableau 2: Les situations générant des conflits d'intérêts en assurance et les bonnes pratiques à adopter.

3.3.2. Une estimation des avantages d'IDD

On présente ci-dessous les avantages anticipés de la directive en assurance (étude basée sur l'avis technique de l'EIOPA) :

L'introduction d'IDD permettra aux consommateurs de bénéficier d'une amélioration des normes et des standards de la pratique commerciale, et de l'extension de ces standards à une palette plus large de contrats d'assurance. Les exigences de transparence et l'obligation d'information permettront de diminuer l'asymétrie d'information entre les consommateurs et les assureurs/distributeur. Les informations fournies sont censées pousser les clients à comparer les différentes offres de contrats proposés et de choisir les produits correspondant le mieux à leur profil de risque et à leurs exigences.

Concernant les autorités de supervision, celles-ci bénéficieront de l'harmonisation des règles et des sanctions à l'échelle européenne. L'harmonisation permettra un meilleur contrôle de l'activité de vente au sein de l'Union Européenne et une plus grande cohésion concernant les sanctions pénales à appliquer en cas d'enfreinte aux règles.

Enfin les distributeurs d'assurance tireront bénéfice d'une concurrence plus loyale, due à l'instauration d'une réglementation uniforme et équitable sur tout l'espace de l'UE. La directive prévoit le rétablissement de la confiance des clients (suite à la crise de 2008) et à une augmentation du chiffre d'affaires des entreprises suite à l'augmentation des ventes à l'étranger. En effet, la diminution du coût des opérations transfrontalières et une augmentation de la demande des consommateurs entraînera une augmentation des ventes ainsi qu'une stimulation de l'innovation et de l'activité industrielle.

4. Impacts sur la rémunération des intermédiaires

L'entrée en vigueur en 2018 de la directive sur la distribution en assurance aura un impact plus ou moins significatif sur l'activité d'assurance en France et en UE. Pour rendre conforme l'activité d'Axa France à la nouvelle réglementation, des évolutions dans la rémunération des réseaux de distribution pourraient être envisagées. Compte tenu des délais accordés et de la complexité des modifications à réaliser, ceci justifie la nécessité d'étudier prospectivement les conséquences d'IDD sur la rémunération des réseaux de distribution d'une part et sur la rentabilité de l'assureur d'autre part. IDD pourrait être transposée dans la loi française de manière plus stricte que la version originale proposée par la commission européenne : les aménagements des schémas de rémunération proposés dans ce mémoire restent hypothétiques.

Un des objets de l'étude est de quantifier l'impact d'IDD sur la rémunération des intermédiaires d'assurance et en particulier sur l'équilibre financier des réseaux. On cherche dans la partie suivante à détecter les éventuels mécanismes de rémunération type qui ne sont pas conformes à la directive IDD.

4.1. Conformité des mécanismes de rémunération

Parmi les objectifs principaux de la directive IDD figure la prévention des conflits d'intérêts qui portent atteinte aux intérêts des consommateurs. L'avis technique de l'EIOPA précise que : « l'intermédiaire d'assurance, l'entreprise d'assurance ou la personne liée est susceptible de réaliser un gain financier ou d'éviter une perte financière aux dépens du client ». Dans ce cadre, l'exemple de schéma de rémunération présenté en 2.3 n'est pas entièrement conforme à la directive IDD et notamment concernant **les conflits d'intérêts entre l'intermédiaire d'assurance et son client. Or la politique de rémunération doit être en accord avec l'obligation de traiter le client au mieux de ses intérêts.** Ceci implique que ce type de schéma doit être modifié et adapté pour le rendre conforme à la nouvelle directive IDD :

4.1.1. Rémunération à l'acquisition

- Détection graphique de l'effet seuil

On définit « l'effet seuil » comme étant une situation où le fait de dépasser un seuil donné fait augmenter de manière discontinue la rémunération d'un intermédiaire d'assurance. Par exemple, l'octroi d'un bonus monétaire dans le cas où la production annuelle en contrats à support UC dépasse un certain montant est un « effet seuil ». Cet effet génère un conflit d'intérêts entre l'intermédiaire et son client, étant donné que le vendeur du contrat est tenté d'augmenter sa propre rémunération au détriment des besoins de son client.

Considérons une variable X à densité f , par exemple le montant total des frais annuels collectés. Supposons que les intermédiaires d'assurance ayant collecté un montant supérieur ou égal à M en frais d'acquisition, perçoivent un bonus qui s'ajoute à leur rémunération de base. Ceci incite les intermédiaires dont le total des frais collectés est tout juste inférieur à M , à prélever davantage de frais pour dépasser le seuil M et recevoir ainsi le bonus monétaire. Graphiquement, ceci se traduit par une discontinuité de la densité f au point M , avec :

$$\lim_{t \rightarrow M} f(t) < \lim_{t \rightarrow M} f(t)$$

$t < M$ $t > M$

On présente ci-dessous une illustration graphique mettant en évidence les conséquences sur la distribution f de l'effet seuil.

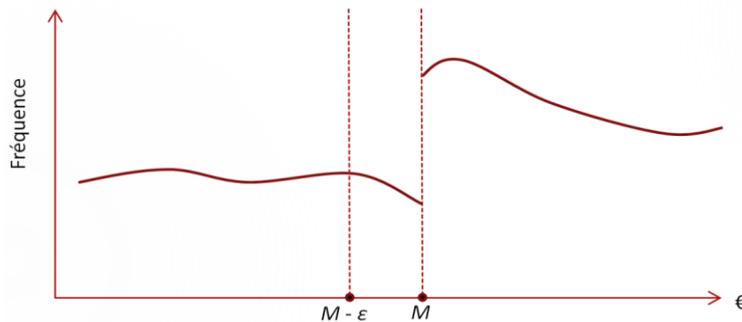


Figure 5: Conséquence de l'effet seuil au point M sur la densité f de la variable X

En pratique, on estime la densité f de la variable X par un estimateur à noyau de la forme:

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{n \cdot h} \sum_{i=1}^n \mathbf{K}\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

Avec : n le nombre d'observations, h la largeur de la « fenêtre » $]x - \frac{h}{2}, x + \frac{h}{2}]$ et $\mathbf{K}(\cdot)$ une fonction donnée appelée noyau.

Concernant le noyau \mathbf{K} , on utilise la fonction d'Epanechnikov défini par $K(u) = \frac{3}{4} \cdot (1 - u^2) \cdot I(|u| < 1)$, mais d'autres fonctions peuvent être utilisées (un noyau Gaussien par exemple) sachant que le choix du noyau a un impact faible sur les performances de l'estimateur \hat{f}_h .

La détermination de la largeur de fenêtre h est effectuée par validation croisée qui consiste à minimiser l'erreur quadratique intégrée (*Mean Integrated Squared Error*) définie par:

$$ISE(h) = \int [\hat{f}_h(x) - f(x)]^2 dx = \int \hat{f}_h(x)^2 dx - 2 \int \hat{f}_h(x) f(x) dx + \int f(x)^2 dx.$$

Le second terme correspond à $E(\hat{f}_h(X))$ et peut être estimé par :

$$\frac{1}{n \cdot (n-1) \cdot h} \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i, j=1}^n K\left(\frac{X_j - X_i}{h}\right)$$

Ainsi, la méthode par validation croisée consistera à minimiser en h la fonction ci-dessous :

$$CV(h) = \int \hat{f}_h(x)^2 dx - \frac{2}{n \cdot (n-1) \cdot h} \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i, j=1}^n K\left(\frac{X_j - X_i}{h}\right)$$

- Collecte des frais

On utilise le principe défini dans le paragraphe précédent pour détecter éventuellement l'existence d'un effet seuil au niveau de la rémunération à l'acquisition. En effet, en se basant sur l'exemple de schéma de rémunération décrit au paragraphe 2.3.1, les intermédiaires peuvent être rémunérés sur les frais cumulés annuellement avec une fonction de rémunération discontinue au point 5000€. Ce principe de rémunération peut donc générer un effet seuil, les intermédiaires pouvant être tentés de franchir le seuil de 5000€ de frais collectés et augmenter ainsi leur rémunération de manière discontinue de 500€. On présente dans le graphique 6, l'estimateur défini dans le paragraphe précédent de la densité des frais entre 4000€ et 6000€ : **il n'existe pas de preuves empiriques**

quant à l'existence d'un effet seuil étant donné que l'estimateur est continu au point 5000€.

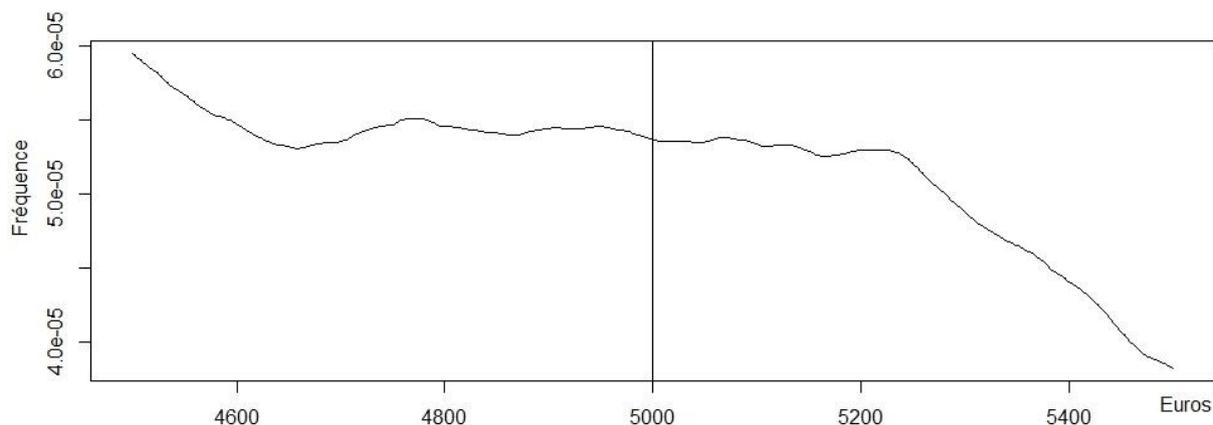


Figure 6: Densité empirique des frais cumulés annuellement par les intermédiaires

Dans le cadre de la mise en application d'IDD, on considérera en 4.2.3 un lissage de cette fonction de rémunération pour rendre la rémunération à l'acquisition (sur les frais) conforme à la nouvelle directive sur la distribution.

4.1.2. Rémunération sur encours (REC)

Selon le schéma présenté au 2.3.2, une rémunération sur encours croissante avec le taux de diversification du contrat tend à favoriser la vente de contrats à support UC par rapport aux supports en euros. Du point de vue de la compagnie d'assurance, ceci se justifierait par le fait que la rentabilité des contrats UC est supérieure à la rentabilité des contrats euros : d'une part, le coût en capital des contrats d'épargne à support UC est plus faible que le coût des contrats à support en euro car le risque porté par l'assureur est moindre, d'autre part les frais de gestion prélevés sur les contrats d'épargne UC sont plus élevés que ceux prélevés sur les contrats épargne euro. Enfin, le taux de rendement minimum garanti sur les contrats en euros et le contexte actuel des taux d'intérêts bas, obligent l'assureur à prélever sur sa propre marge pour garantir une performance suffisante sur les contrats à support en euros.

On rappelle que dans le cadre de ce mémoire, la REC est aussi bornée entre une valeur minimale et une valeur maximale : la borne inférieure permet de garantir une rémunération minimale sur l'encours pour les intermédiaires dont la totalité de l'encours est en euros. La borne maximale a pour effet de dissuader les intermédiaires à vendre exclusivement des contrats à support UC. Cette définition de la REC réduit donc les potentiels conflits d'intérêts car la REC dépend en moindre mesure du taux UC des contrats et peut être considérée comme conforme à IDD. **On propose de garder le même principe de rémunération sur encours sous la nouvelle directive IDD.**

4.1.3. La transparence et ses limites

Une première piste d'amélioration de l'asymétrie d'information vendeur/client est imposée par la directive IDD : l'intermédiaire doit informer son client, avant la conclusion du contrat, sur la nature et le montant de sa rémunération (le cas échéant la base de calcul de cette rémunération). Cette mesure vise à **diminuer l'asymétrie d'information entre l'intermédiaire et le principal (le client) et à clarifier la relation qu'entretient l'intermédiaire avec la compagnie d'assurance.**

Cette mesure permettrait au consommateur de mieux comparer les produits proposés sur les différents canaux de distribution et donc à identifier les produits répondant le mieux à ses besoins. Cette solution est en accord avec la théorie conventionnelle de l'analyse économique selon laquelle les individus sont rationnels et que l'ajout d'une information pertinente supplémentaire améliore leur prise de décision.

A l'opposé, des recherches en psychologie et en économie comportementale remettent en cause cette vision : « l'attention » est une ressource rare et la capacité de traitement de l'information est limitée. Un surplus d'information détourne l'attention du client du sujet qui l'importe en réalité. Ainsi, introduire des informations supplémentaires à celles présentées dans les documents précontractuels peut se révéler contreproductif : le client ne serait pas en mesure de comprendre et d'assimiler toute l'information fournie ou tout simplement ne lirait pas ces informations. La transparence pourrait donc avoir des conséquences négatives sur la capacité de décision du client.

Plusieurs études menées au Royaume-Uni sur l'effet de la transparence confirment cette intuition et montrent que **la transparence de la rémunération a peu d'effets, - ou pas d'effets -, positifs pour le client**. On peut citer, par exemple, l'étude de Meza, Irlenbusch et Reyniers [2007] qui met en lumière des preuves expérimentales sur l'aspect négligeable des bénéfices de la transparence de rémunération pour le client. Dans cette étude, les auteurs étudient le comportement de différents clients désirant acheter des contrats financiers à des vendeurs expérimentés. Il en ressort que la révélation au client du montant des commissions perçues par le vendeur, rend le client plus hésitant dans ses décisions. Ainsi, à part sa préférence intrinsèque vis-à-vis du risque, le choix final du client est fortement impacté par la pression exercée par le vendeur.

La transparence de la rémunération ne suffit donc pas à régler les problèmes de conflits d'intérêts entre le vendeur et son client. Ceci est d'autant plus vrai que le mécanisme de rémunération des intermédiaires d'assurance est en général très complexe et ne peut être expliqué facilement à un consommateur. D'autant plus qu'ajouter de nouvelles informations induit des coûts qui peuvent défavoriser les compagnies d'assurance de petite taille. **La transparence de la rémunération pourrait donc avoir des effets mitigés sur les conflits d'intérêts intermédiaire/clients.**

4.2. Evolution des schémas de rémunération

4.2.1. Les bases de données utilisées

Afin d'étudier les impacts d'IDD sur les différents exemples de mécanismes de rémunération présentés dans ce mémoire, on travaille sur une base de données ad-hoc présentant:

- Le nom de chaque intermédiaire d'assurance ; le code du portefeuille associé.
- Les informations sur l'ensemble des actes : le numéro du contrat ; le type du produit (Epargne PUVL, Epargne PP ou autre) ; la nature du support (UC/euro) ; la date d'effet du portefeuille ; le montant, la nature (affaire nouvelle/versement libre/versements libres programmés), la date des versements ; les frais prélevés ;
- Les informations concernant les encours gérés : le montant de la provision mathématique et la date d'effet du contrat.
- Les différents produits avec leur code d'identification ; le type de supports associé ; la nature du support (UC/euros).

4.2.2. Etude descriptive de la base ad-hoc

On a calculé sous SAS la rémunération avant IDD selon les schémas présentés au 2.3.1 et 2.3.2 ainsi que les rémunérations modifiées suite aux évolutions dues à IDD. Ceci sera présenté dans la partie suivante. Le logiciel renvoie en sortie un fichier Excel avec des variables concernant : la rémunération avant et après les modifications liées à IDD, les frais collectés, le CA, le montant de l'encours par type de support UC/euro.

En appliquant les mécanismes de rémunération décrits au 2.3.1 et 2.3.2, on obtient le tableau ci-dessous décrivant la rémunération des intermédiaires avant le passage à IDD. On observe que la rémunération moyenne dépend fortement de la rémunération sur encours : elle représente plus de 70% de la rémunération globale.

Les écartypes obtenus sont supérieurs aux moyennes, soit une surdispersion, suggérant ainsi de fortes hétérogénéités au niveau de l'activité des intermédiaires d'assurance. L'indice de Gini calculé sur le chiffre d'affaires (CA) des contrats épargne est de 0,61 et confirme l'existence de fortes inégalités dans la répartition du CA entre les intermédiaires d'assurance.

	CA (€)	Rémunération actuelle (€)	Acquisition (€)	REC (€)	Frais (€)
Moyenne	430 000	10 714	3286	7429	3857
Ecartype	1 364 292	17 700	6830	13 570	5543

Tableau 3: La rémunération des intermédiaires d'assurance calculée avant IDD selon les mécanismes du 2.3.

On présente ci-dessous la courbe de Lorenz obtenue sur le CA : environ 40% des intermédiaires d'assurance détiennent plus de 80% du CA. Ce constat introduit une difficulté non négligeable dans l'étude : une modification des schémas de rémunération présentés dans ce mémoire, pourrait avoir un impact inégal sur la rémunération de chaque intermédiaire.

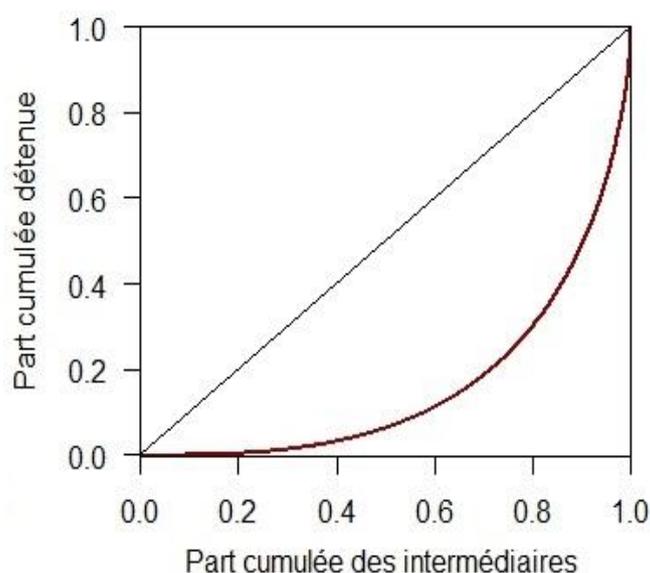


Figure 7: Courbe de Lorenz sur le CA annuel

4.2.3. IDD : lissage de la rémunération à l'acquisition

On a vu en 4.1.2 que la REC exposée dans ce mémoire peut être considérée comme conforme à IDD. Ainsi, **seule la rémunération à l'acquisition sur les frais collectés doit être modifiée dans le cadre de l'application d'IDD**. En effet, la fonction de rémunération associée peut générer des conflits d'intérêts à cause de sa discontinuité au point 5000 €. Une solution simple qui permet de préserver ce principe de rémunération est de **lisser la fonction de rémunération pour obtenir une fonction affine par morceaux en imposant sa continuité**. La fonction de rémunération lissée pour un total de x_i frais collectés s'écrit en fonction du vecteur des pentes $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$:

$$\begin{aligned} f(\alpha, x_i) &= \alpha_1 x_i \mathbb{I}_{0 \leq x_i < 5000} + (5000 \alpha_1 + \alpha_2 (x_i - 5000)) \mathbb{I}_{5000 \leq x_i < 10000} \\ &\quad + [\alpha_3 (x_i - 10000) + 5000 (\alpha_2 + \alpha_1)] \mathbb{I}_{x_i \geq 10000} \\ &= c_i^{(1)} \alpha_1 + c_i^{(2)} \alpha_2 + c_i^{(3)} \alpha_3. \end{aligned}$$

On cherche à minimiser la variation de la rémunération globale à l'acquisition, induite par le lissage de la fonction de rémunération. Cette contrainte vise à minimiser les pertes et les gains des intermédiaires d'assurance suite à la modification de leur rémunération. On suppose ainsi que le vecteur optimal des pentes α^* vérifie le critère:

$$\alpha^* = \underset{\alpha \in \mathbb{R}^3}{\operatorname{argmin}} \sum_{1 \leq i \leq n} [y_i - f(\alpha, x_i)]^2 = \underset{\alpha \in \mathbb{R}^3}{\operatorname{argmin}} \|y - C\alpha\|^2$$

Avec :

- n le nombre total d'intermédiaires dans la base étudiée
- y_i la rémunération à l'acquisition obtenue avant IDD (grille du tableau 4)
- C la matrice des vecteurs-colonnes $c^{(1)}, c^{(2)}$ et $c^{(3)}$

Une condition nécessaire et suffisante pour que α soit le minimum de $\|y - C\alpha\|^2$ est que:

$$C^T C \alpha = C^T y$$

Comme la matrice $C^T C$ obtenue est inversible, la solution est donc donnée par :

$$\alpha^* = (C^T C)^{-1} C^T y.$$

On présente ci-dessous les résultats (arrondis) obtenus ainsi que la nouvelle grille lissée (cf. annexe 9.1.1 pour une représentation graphique des deux grilles) :

$$C^T C = \begin{pmatrix} 4,09 & 1,97 & 3,50 \\ 1,97 & 1,71 & 3,50 \\ 3,50 & 3,50 & 226,71 \end{pmatrix} \cdot 10^{10} \text{ et } C^T y = \begin{pmatrix} 4,66 \\ 4,22 \\ 195,15 \end{pmatrix} \cdot 10^{10}$$

Tranche en €	Grille avant IDD (€)	Grille IDD (€)
[0 ; 5000[10% * frais	13,5% * frais
[5000 ; 10 000[20%*5000 + 50%*(frais - 5000)	13,5% * 5000 + 57,6% *(frais - 5000)
≥ 10 000	20%*5000 + 50%*5000 + 85%*(frais - 10 000)	13,5% *5000 + 57,6% *5000 + 85,0% *(frais - 10 000)

Tableau 4: fonction de rémunération des frais avant et sous IDD.

Remarque : Le critère considéré fait intervenir la norme euclidienne mais d'autres normes peuvent être choisies pour mesurer la distance $\|y - C\alpha\|$. Par exemple la norme 1 :

$$\|y - C\alpha\|_1 = \sum_{1 \leq i \leq n} |y_i - f(\alpha, x_i)|$$

4.2.4. L'impact financier

- **Au global**

On étudie l'impact global du lissage proposé dans le paragraphe précédent sur la rémunération à l'acquisition des intermédiaires d'assurance. Le tableau ci-dessous présente les variations calculées sur la base ad-hoc avec les deux grilles du tableau 4. On appelle « intermédiaire gagnant » (respectivement « perdant ») un intermédiaire d'assurance dont la rémunération à l'acquisition sur les frais collectés augmente sous IDD (diminue respectivement).

Périmètre	Proportion (%)	Avant IDD (M€)	Après IDD (M€)	Variation
Global	100	9,46	9,51	+0,53%
Gagnants	78,98	7,09	7,25	+2,23%
Perdants	21,02	2,37	2,26	-5,90%

Tableau 5: Impact d'IDD sur la rémunération à l'acquisition des intermédiaires d'assurance.

La rémunération à l'acquisition sur les frais augmente légèrement de 0,53% au global pour les intermédiaires d'assurance. De plus, la proportion des intermédiaires perdants est moins importante que celle des gagnants. Le lissage de la fonction de rémunération a donc des conséquences minimales sur la rémunération globale des intermédiaires d'assurance.

- **Par individu**

On s'intéresse dans ce paragraphe à analyser les conséquences d'IDD sur la variation de la rémunération de chaque intermédiaire d'assurance. Suivant cet objectif, on considère la variation absolue (en euros) et la variation relative (en proportion) de la rémunération à l'acquisition avant et après l'application des modifications causées par IDD. La variation relative correspond simplement au rapport de la variation absolue sur la rémunération avant IDD.

Dans l'histogramme de gauche de la figure 8, on voit que la plupart des intermédiaires ont un gain relatif de l'ordre de 30%. Ceci paraît à première vue important mais s'explique simplement par les faibles montants de la rémunération sur les frais collectés perçus par la majorité des intermédiaires. En effet, la médiane de cette rémunération est de 410 € et le 3^e quartile de 2540€. L'histogramme de droite confirme cette affirmation car il montre que les gains des intermédiaires d'assurance sont entre -350€ et 200€.

Concernant les pertes engendrées par IDD, elles concernent une minorité d'intermédiaires d'assurance et sont inférieures à 10% de la rémunération à l'acquisition avant IDD.

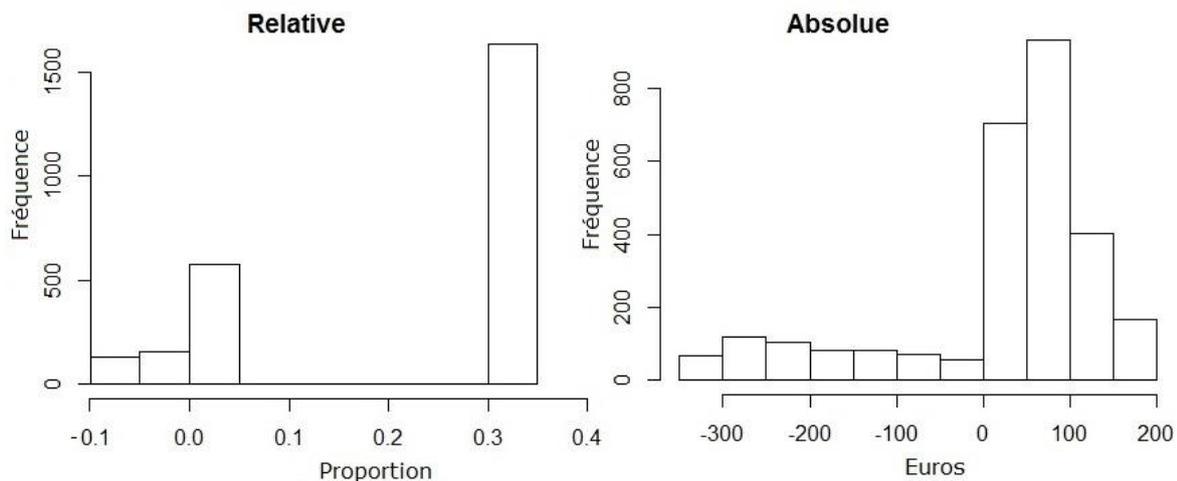


Figure 8: Histogrammes des variations absolues et relatives de la rémunération à l'acquisition après lissage

On en déduit que **le lissage de la rémunération à l'acquisition proposé en 4.2.3 dans le cadre d'IDD, a un impact négligeable sur la rémunération des intermédiaires d'assurance que ce soit au niveau des pertes ou des gains.** Ainsi, adapter le schéma de rémunération à la nouvelle directive conduit à de faibles variations de la rémunération agrégée et individuelle.

Dans les parties suivantes, on cherchera à quantifier l'impact de la directive sur la rentabilité de l'assureur.

5. Construction d'une table de mortalité d'expérience

Dans cette partie, on cherche à étudier l'impact d'IDD sur la rentabilité de la compagnie d'assurance. Or l'indicateur de rentabilité considéré, à savoir le taux de rentabilité interne, prend en compte la présence moyenne d'un assuré dans un portefeuille composé par des contrats d'épargne. La présence moyenne fait intervenir implicitement la probabilité de décès de l'assuré projetée sur un horizon futur. Ceci justifie l'utilisation d'un modèle permettant de simuler la variation de la mortalité d'un assuré dans le temps. Etant donné que l'âge moyen de souscription des contrats épargne sur le portefeuille étudié est de l'ordre de 35 ans, on modélisera la mortalité d'un assuré sur une plage d'âge comprise entre 30 et 70 ans à l'aide d'un modèle construit sur la population française. On supposera donc que la mortalité des assurés est identique à celle de la population française.

La démarche retenue dans la construction de la table de mortalité prospective sera effectuée en deux temps : d'abord la mise en place d'un modèle prospectif simple de Cairns, Blake et Dowd [2006b] sur la population française. Ensuite, on complexifiera le modèle en ajoutant un effet de cohorte et on comparera les résultats obtenus avec les deux modèles.

5.1. Tables de mortalité prospective

5.1.1. Les notions utilisées

- Quotients de mortalité

Dans la suite, on désignera par T la durée de vie à la naissance d'un individu de la population de référence. On définit la variable aléatoire T_x qui correspond à la durée de vie résiduelle d'un individu d'âge x . Celle-ci vérifie :

$$T_x =_d T - x \mid T \geq x$$

On introduit alors la probabilité de décès ${}_h q_x(t)$ avant d'atteindre l'âge $x+h$ et la probabilité de survie ${}_h p_x(t)$ à l'instant t avec U la date de naissance de l'individu par :

$${}_h q_x(t) = 1 - {}_h p_x(t) = P(T < x + h \mid T > x, U = t - x) = P(T_x < h \mid U = t - x)$$

- Exposition initiale

On définit $l_x(t)$ comme étant l'exposition initiale i.e. le nombre de survivants d'âge x au 01/01/ t d'une même cohorte $l_0(t-x)$ d'individus nés à la même date ($t-x$). Le nombre de décès observés ${}_h d_x(t)$ dans la cohorte $t-x$ entre l'année t et $t+h$ est ainsi :

$${}_h d_x(t) = l_x(t) - l_{x+h}(t+h)$$

- Exposition centrale

L'exposition centrale ${}_h E_x(t)$ au sein d'une cohorte s'exprime en personne-année et mesure le temps moyen vécu dans l'intervalle d'âge $[x, x+h]$ par un groupe d'individus de la cohorte née en $t-x$. De manière équivalente, l'exposition centrale correspond à l'effectif moyen d'individus de la cohorte $t-x$ ayant un âge entre x et $x+h$:

$${}_h E_x(t) = \int_0^h l_{x+u}(t+u) du$$

- Taux de mortalité central

Le taux de mortalité central ${}_h m_x(t)$ est égal à :

$${}_h m_x(t) = \frac{{}_h d_x(t)}{{}_h E_x(t)}$$

Alors que les quotients de mortalité sont des probabilités (sans dimension toujours compris entre 0 et 1), les taux sont mesurés dans l'unité inverse du temps, et comptabilisent des décès par personne exposée au risque et par unité de temps.

- Taux instantané de mortalité

Le taux instantané de mortalité $\mu_x(t)$ à l'âge x à l'instant t est égal à $\lim_{h \rightarrow 0} ({}_h m_x(t))$. Il est appelé aussi taux de hasard et on peut montrer que :

$$\mu_{x+h}(t+h) = \frac{1}{{}_h p_x(t)} \frac{\partial {}_h q_x(t)}{\partial h}$$

Ainsi on déduit: ${}_h q_x(t) = 1 - {}_h p_x(t) = 1 - \exp(-\int_0^h \mu_{x+u}(t+u) du)$

- Espérance de vie résiduelle

La durée de vie moyenne restante ou espérance de vie résiduelle $e_x(t)$ à l'âge x pendant l'année t , est l'espérance de la durée restant à vivre après x , ou durée de vie moyenne au-delà de x , pour les survivants à l'âge x . Elle est définie par :

$$\begin{aligned} e_x(t) &= E(T_x | U = t - x) = \frac{1}{{}_l x(t)} \sum_{k=0}^{+\infty} L_{x+k}(t+k) = \sum_{k=0}^{+\infty} \int_0^1 \frac{l_{x+k+u}(t+k+u)}{{}_l x(t)} du \\ &= \sum_{k=0}^{+\infty} \int_0^1 u {}_{u+k} p_x(t) du = \int_0^1 u p_x(t) du + \sum_{k=1}^{+\infty} \left(\prod_{j=0}^{k-1} p_{x+j}(t+j) \right) \left(\int_0^1 u p_{x+k}(t+k) du \right) \end{aligned}$$

5.1.2. Approche transversale/longitudinale

L'analyse de la mortalité d'un individu fait intervenir 3 mesures de temps :

- L'âge x : le risque de décès augmente bien évidemment avec l'âge ;
- Le temps t : la mortalité peut évoluer en fonction de différentes circonstances (épidémie par exemple) ;
- La génération de naissance $t-x$: l'amélioration des conditions de vie impacte la mortalité génération par génération.

Une approche simple pour étudier la mortalité d'un assuré est l'utilisation d'une table de moment, i.e. une approche transversale. Il s'agit d'estimer la mortalité pour différents âges à partir d'observations obtenues sur une période déterminée et estimer la mortalité future $q_{x+h}(t_0+h)$ par la mortalité actuelle observée $\hat{q}_{x+h}(t_0)$. Cette période va en général de 1 à 3 ans pour avoir un nombre suffisants de données et obtenir une même structure d'hétérogénéité des observations. Cette procédure ne tient pas compte de l'évolution dans le temps de la mortalité observée : en effet, on suppose implicitement que le taux de mortalité reste constant dans le temps. Or empiriquement, on observe depuis plus de 50 ans un allongement de la durée de vie humaine dans les pays développés, et une baisse de la mortalité due aux progrès techniques et à l'amélioration des conditions de vie. Utiliser

donc une approche transversale conduit à sur-estimer la mortalité réelle d'un individu projetée dans le futur.

L'approche longitudinale permet quant à elle d'étudier la mortalité par cohorte de naissance et donc dans le temps. Elle consiste à déterminer la probabilité de décès pour un individu, compte tenu non pas des conditions du moment, mais de l'évolution future présumée des conditions de vie. Grâce à un modèle statistique, on « prolonge » les tendances de la mortalité observée et on estime de cette manière la mortalité future des générations qui aujourd'hui ne sont pas encore éteintes (i.e. les $q_x(t)$ non observés).

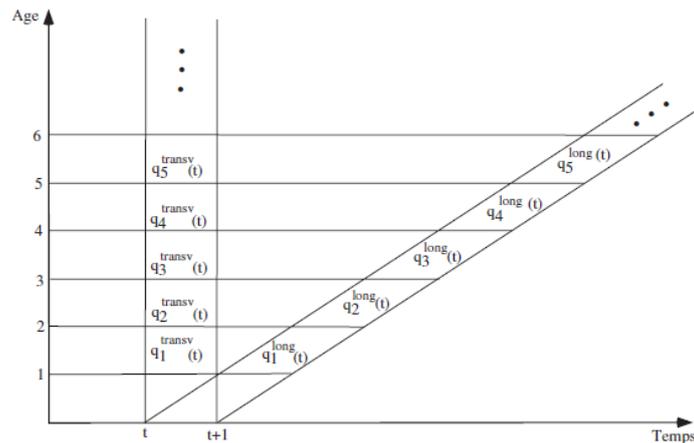


Figure 9: Quotients de mortalité longitudinaux et transversaux

5.1.3. Les hypothèses

Dans le cadre de l'étude de la mortalité sur la population française, on suppose :

Hypothèse 1 : La migration n'interfère pas avec la mortalité de la population française i.e. que les personnes qui arrivent en France ne sont pas exposés à des risques de décès différents. Cette hypothèse reste plausible tant que les flux migratoires restent négligeables par rapport à la population totale du pays.

Hypothèse 2 : Nous supposons que le taux instantané de mortalité $\mu_x(t)$ est constant entre deux anniversaires consécutifs x et $x+1$ et durant l'année calendaire t i.e. pour u et v entre 0 et 1 :

$$\mu_{x+u}(t+v) = \mu_x(t)$$

Ceci implique, avec $m_x(t)$ le taux central de mortalité, $E_x(t)$ l'exposition centrale, $l_x(t)$ le nombre d'individus d'âge x au début de l'année t et $d_x(t)$ le nombre de décès d'âge x pendant l'année t :

a. $\mu_x(t) = m_x(t)$

b. $q(x, t) = 1 - e^{-\int_0^1 \mu_{x+u}(t+u) du} = 1 - e^{-m_x(t)}$

c. $l_x(t) \approx E_x(t) + \frac{d_x(t)}{2}$

- Démonstration et commentaires :

$$a. m_x(t) = \frac{d_x(t)}{E_x(t)} = \frac{d_x(t)}{\int_0^1 l_{x+u}(t+u) du} = \frac{d_x(t)}{l_x(t) \int_0^1 (1 - {}_uq_x(t)) du}$$

$$\text{Or } 1 - {}_uq_x(t) = e^{-\int_0^u \mu_{x+s}(t+s) ds} = e^{-u\mu_x(t)}$$

$$\text{Ainsi, } m_x(t) = \frac{d_x(t)}{l_x(t)} \frac{\mu_x(t)}{(1 - e^{-\mu_x(t)})} = \frac{d_x(t)}{l_x(t)} \frac{\mu_x(t)}{q_x(t)} = \mu_x(t).$$

b. Immédiate

$$c. l_x(t) = E_x(t) \cdot \frac{m_x(t)}{1 - e^{-m_x(t)}} = E_x(t) \left[1 + \frac{1}{2} m_x(t) + o(m_x(t)) \right]$$

$$\approx E_x(t) + \frac{d_x(t)}{2}.$$

La relation (b) est intéressante car elle permet de lier le quotient de mortalité au taux central de mortalité : elle permet d'estimer le quotient à partir du nombre de décès annuel et de l'exposition centrale.

La relation (c) sera utile dans l'estimation par maximum de vraisemblance des paramètres des différents modèles prospectifs utilisés dans ce mémoire.

Remarque : l'hypothèse 2 suppose qu'un individu n'est pas soumis à « un effet de vieillissement » entre deux âges entiers : le risque de mortalité augmente ainsi par palier. Cette hypothèse n'est pas vérifiée empiriquement pour **les grands âges**, le taux instantané de mortalité ayant tendance à augmenter fortement entre deux âges consécutifs. Dans le cadre de cette étude, on se restreindra aux âges inférieurs à 70 ans et donc l'hypothèse peut être considérée comme valide.

Pour prendre en compte l'effet vieillissement entre deux anniversaires consécutifs, il est possible de supposer que les décès sont répartis uniformément dans l'année. On notant U la variable aléatoire relative à l'année de naissance – soit la cohorte de naissance-, cette hypothèse conduit à :

$$l_{x+h}(t+h) = l_x(t) - h \cdot d_x(t), \quad 0 \leq h \leq 1$$



$${}_h q_x(t) = h \cdot q_x(t), \quad 0 \leq h \leq 1$$



$$T - x \sim U[0,1] \mid x \leq T \leq x + 1, U = t - x$$

Sous cette hypothèse, $\mu_{x+h}(t+h) = \frac{q_x(t)}{1-h \cdot p_x(t)}$ avec $h \in [0,1[$ et donc $\mu_x(t)$ est croissant entre deux âges consécutifs.

L'hypothèse de répartition uniforme des décès dans l'année est acceptable tant que le nombre de décès $d_x(t) = l_x(t) - l_{x+1}(t+1)$ est petit par rapport à $l_x(t)$. Notons que sous cette hypothèse, les décès se produisent en moyenne au milieu de l'année et on retrouve d'ailleurs la relation (c) entre $l_x(t)$ et $E_x(t)$ (avec une égalité stricte cette fois).

Le choix entre les deux hypothèses n'est pas neutre sur l'appréciation de la durée de vie d'un individu. Ainsi, supposer une répartition uniforme des décès sur l'année conduit à des durées de vie résiduelles supérieures à celles obtenues avec un taux de hasard constant. Néanmoins, l'écart entre les deux approches est assez faible (cf. annexe A de Brouhns et Denuit [2002]).

5.1.4. Les données sur la population de référence

On utilise les données de la Human mortality database (*HMD*) sur **la population civile de la France métropolitaine**. Les tables d'observations sur la France proviennent essentiellement d'études démographiques de l'INSEE et contiennent :

- $d_x(t)$, le **nombre de décès observés** par tranche d'âge et par année ;
- $E_x(t)$, une estimation de l'**exposition centrale** par tranche d'âge et par année.

Les observations ainsi retenues sont présentées par année (1 année x 1 âge). Cette approche est plus pertinente que l'approche par cohorte ou par génération de naissance (1 cohorte de naissance x 1 âge), même si cette dernière permet de prendre en compte de manière plus fine les changements temporels de la mortalité au sein d'une même génération. Les données par génération ne permettent pas d'estimer la mortalité actuelle pour des âges élevés : par exemple pour les individus nés en 2000, il est impossible d'estimer au 31 décembre 2016 le taux de mortalité pour les tranches d'âges supérieures à 16 ans : en effet au 30 décembre 2016, aucun décès ne peut être observé pour cette cohorte sur ces tranches d'âges.

La période d'observation retenue s'étend de l'année 1946 à 2014. Le choix de la période d'étude est crucial, étant donné que la capacité prédictive du modèle utilisé dépend directement des mouvements observés historiquement : la projection se fait de ce fait sous la probabilité historique. On choisit d'étudier la mortalité sur une période relativement stable, en omettant ainsi les bouleversements majeurs engendrés par la seconde et première guerre mondiale par exemple. La plage des âges étudiés sera entre 30 et 70 ans : ceci est justifié par l'âge moyen de souscription des contrats épargne du portefeuille, qui est de l'ordre de 35 ans. Le choix des âges modélisés a une influence considérable sur les résultats des modèles prédictifs.

On vérifie la cohérence des données en traçant par cohorte de naissance, l'évolution en fonction du temps de l'exposition et du nombre de décès :

$$u \rightarrow E_{x+u}(t + u)$$

Et

$$u \rightarrow d_{x+u}(t + u)$$

On présente dans la figure 10 le cas particulier de la cohorte des individus d'âge 30 ans en 1964 : en 1974, l'exposition atteint son maximum avant de diminuer exponentiellement.



Figure 10: l'exposition $E_{1964+t}(30 + t)$ et le nombre de décès $d_{1964+t}(30 + t)$ pour la cohorte d'âge 30 en 1964

Ce « pic » d'exposition est observé dans toutes les cohortes d'âge compris entre 30 et 50 ans environ et est dû à l'immigration. Pour les grands âges, l'immigration est quasiment réduite à 0. Etant donné que la variation de l'exposition est relativement réduite (+1.2% entre 1964 et 1974), et n'a pas d'impact considérable sur le quotient de mortalité présenté en figure 11, **l'hypothèse 1** selon laquelle la migration n'interfère pas avec la mortalité peut être considérée comme vérifiée.

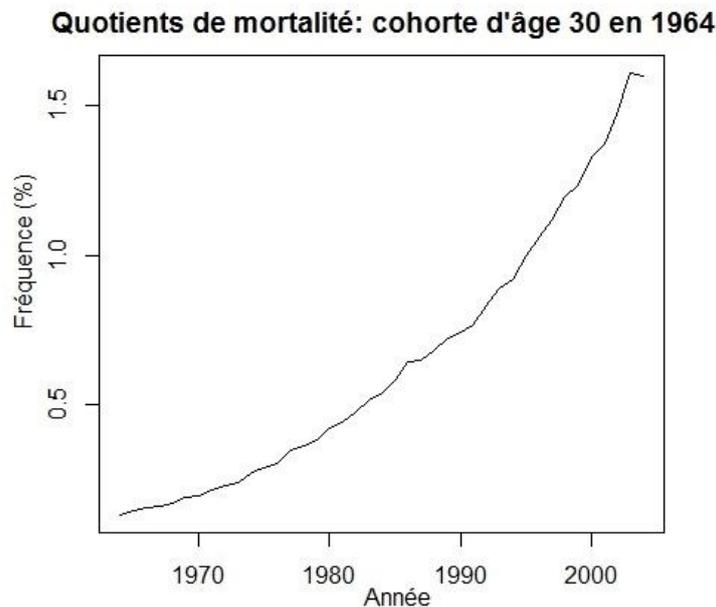


Figure 11 : Quotients de mortalité de la cohorte d'âge 30 en 1964

On présente dans le graphique ci-dessous, les quotients de mortalité historiques calculés avec la relation (b). On voit clairement une nette baisse tendancielle de la mortalité entre 1946 et 2014. Les modèles prospectifs utilisés devront donc prendre en compte cet aspect. On remarquera des *patterns* de quotients de mortalité qui témoignent de la présence d'un effet de cohorte.

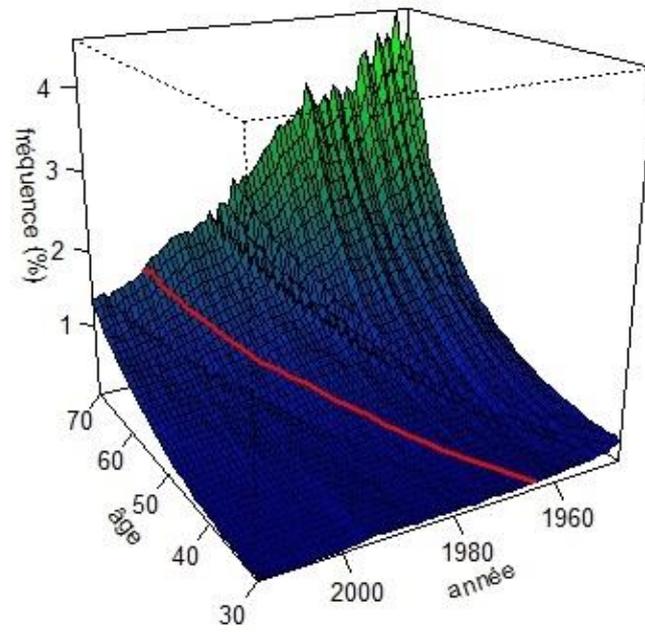


Figure 12: Quotients de mortalité de la population française entre 1946 et 2014 pour les âges entre 30 et 70 ans, avec en rouge la trajectoire de la cohorte d'âge 30 ans en 1964.

5.2. Le modèle de Cairns-Blake-Dowd

5.2.1. Présentation

On utilise d'abord le modèle à deux facteurs de Cairns-Blake-Dowd pour modéliser l'évolution de la mortalité et construire ainsi des tables de mortalité prospectives (table longitudinale). Bien qu'étant assez rudimentaire en comparaison avec ses versions modifiées plus récentes, le modèle original de CBD permet une projection simple de la mortalité en faisant intervenir un nombre moins important de paramètres que dans les modèles plus sophistiqués.

Le modèle initial de CBD a été introduit en 2006 et postule que la transformée logistique du quotient de mortalité est une fonction linéaire de l'âge. Ainsi, le quotient de mortalité à l'âge x durant l'année t , $q_x(t)$, vérifie :

$$\text{logit}(q_x(t)) = \log\left(\frac{q_x(t)}{1 - q_x(t)}\right) = k_t^{(1)} + k_t^{(2)}(x - \bar{x}) + \varepsilon_x(t) \quad (1)$$

Avec : $\bar{x} = \frac{1}{x_M - x_m + 1} \sum_{i=m}^M x_i = 50$ la moyenne d'âge sur la plage ($x_m \dots x_M$)

$\varepsilon_x(t)$ i.i.d. de moyenne 0 et de variance $\sigma^2(t)$

On rappelle par ailleurs que la plage des âges étudiés est entre 30 et 70 ans.

Le modèle peut aussi être exprimé en fonction du prédicteur $\hat{q}_x(t)$:

$\text{logit}(\hat{q}_x(t)) = k_t^{(1)} + k_t^{(2)}(x - \bar{x}) \quad (CBD\ 1)$
--

Dans la suite, on retient essentiellement la définition (CBD 1) qui permet une définition moins contraignante du modèle. En effet, la relation (1) définit une régression linéaire, alors que la relation (CBD 1) est plus souple permettant de définir un modèle sur le nombre de décès par exemple (cf. paragraphe 5.2.3 sur l'estimation des paramètres).

Le modèle CBD [2006b] est un modèle paramétrique, le nombre de coefficient intervenant est égal à $2(t_M - t_m + 1) = 138$, avec t_m l'année de début d'étude (1946 dans ce cas) et t_M l'année de fin de l'étude (2014).

Dans le modèle original CBD [2006b], la variance σ_t^2 est un paramètre temporel qui peut varier d'une année à une autre. Néanmoins, cette variance est supposée constante par rapport à l'âge x : il s'agit d'une hypothèse peu réaliste pour les grands âges car en pratique la variance du taux de décès croît aux grands âges du fait de la baisse de l'effectif des survivants. Dans cette étude, on s'intéressera uniquement aux âges compris entre 30 et 70 ans, ce qui garantit la validité de l'hypothèse d'homoscédasticité par rapport à l'âge.

On représente ci-dessous dans la figure 13, les courbes donnant la transformée logistique des quotients de mortalité en fonction de l'âge ainsi que la droite de régression correspondante.

L'utilisation du modèle CBD [2006b] peut donc être justifiée déjà par une étude graphique des résultats. On effectue aussi des tests de Breusch-Pagan année par année pour tester l'hypothèse d'homoscédasticité (H_0). Les p-value obtenues ne permettent pas de rejeter l'hypothèse H_0 au seuil 1% dans la plupart des cas : l'hypothèse d'homoscédasticité peut être considérée comme valide (les p-value sont présentées en annexe 9.1.2).

Le modèle de CBD est mal adapté pour modéliser les jeunes âges (entre 0 et 30 ans par exemple). On ne retiendra pas dans l'étude cette plage d'âges qui ne vérifient pas empiriquement la relation linéaire de la formule (1).

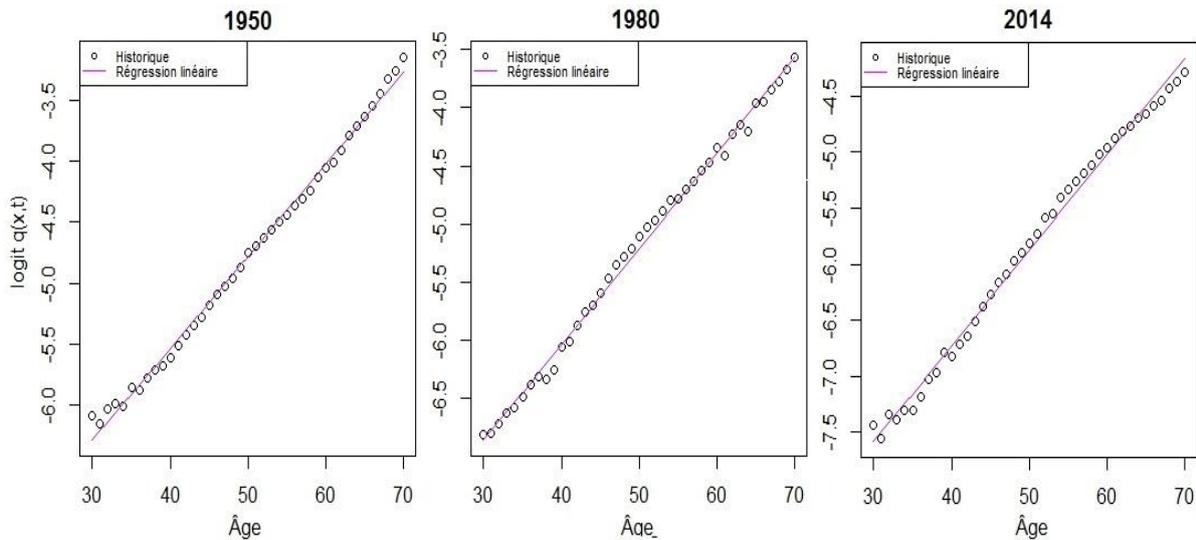


Figure 13: Logit des quotients de mortalité pour différents âges observés (cercles) et la droite de régression linéaire correspondante (ligne droite).

5.2.2. Interprétation des paramètres

Contrairement au modèle de Lee-Carter, le modèle de Cairns-Blake-Dowd (2006) n'a pas de problèmes d'identifiabilité, les paramètres étant définis de manière unique. Les paramètres du modèle s'interprètent de la manière suivante :

- $k_t^{(1)} = E(\text{logit}(q(\bar{x}, t)))$ correspond à l'évolution temporelle (en fonction de t) moyenne du logit du quotient de mortalité pour l'âge moyen \bar{x} . Ce paramètre reflète ainsi le niveau moyen de la mortalité en fonction du temps t . L'impact d'une baisse de $k_t^{(1)}$ sur la droite des logit-quotient de mortalité est représenté à gauche de la figure 14 ci-dessous.
- $k_t^{(2)}$ est la « pente » de la droite des quotients de mortalité (pris en logit) et correspond à la sensibilité de la mortalité par rapport à l'âge x . Ce paramètre reflète qu'historiquement, la mortalité baisse plus rapidement chez les jeunes âges par rapport aux grand âges. En effet, si $k_t^{(2)}$ augmente en valeur, alors le taux de mortalité diminue pour les petits âges ($x \ll \bar{x}$) plus rapidement que pour les grand âges ($\bar{x} - \varepsilon < x < \bar{x}$). Pour les âges supérieurs à \bar{x} , la mortalité augmente si $k_t^{(2)}$ augmente, ce qui constitue un défaut du modèle (ce défaut est négligeable, cf 5.3.2). L'impact d'une baisse de $k_t^{(2)}$ sur la droite des logit-quotient de mortalité est représenté au milieu du graphique 14.

Dans le graphique 14, $\bar{x} = 65$ ans et on représente l'effet des variations de chaque paramètres $k_t^{(i)}$. On remarquera qu'une baisse de $k_t^{(1)}$ simultanément avec une hausse de $k_t^{(2)}$ entraîne une augmentation de l'âge pour lequel la mortalité reste constante : de 65 à 75 ans.

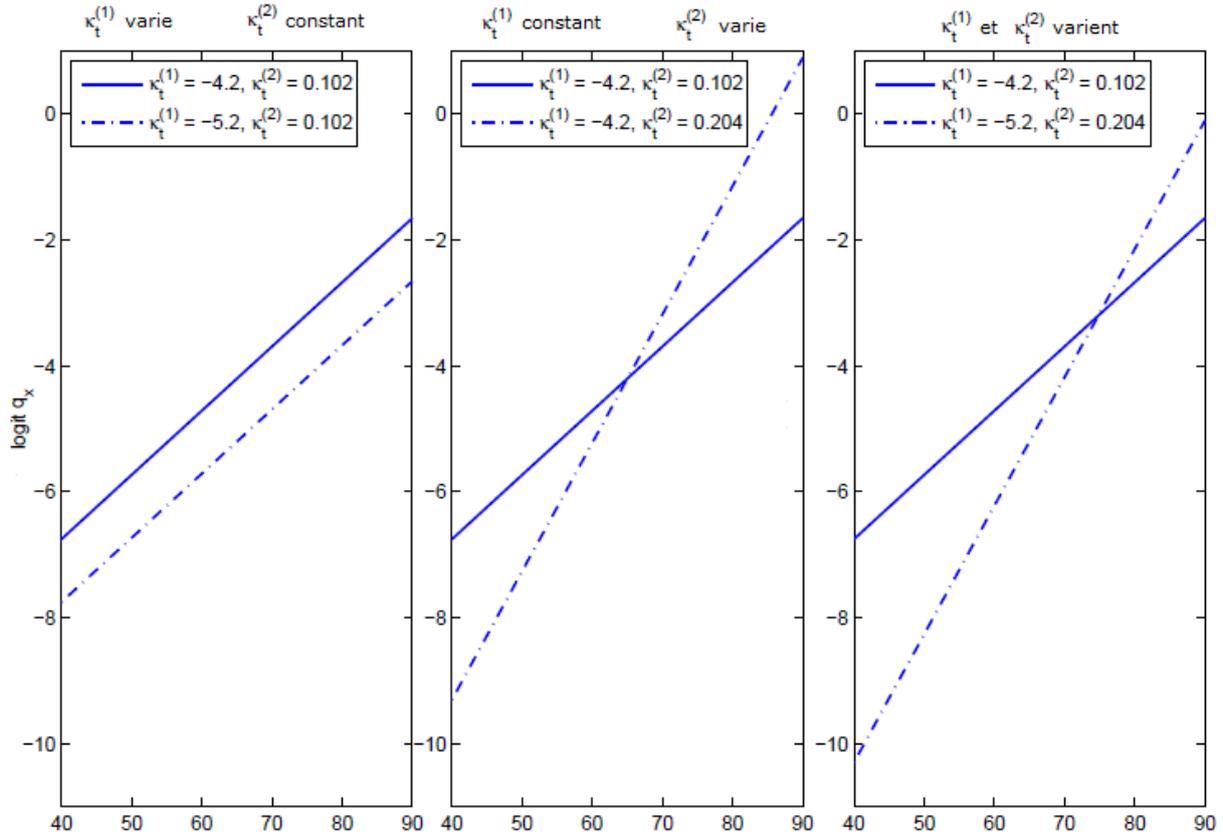


Figure 14: Variations de la logit-transformée du quotient de mortalité en fonction des variations des paramètres $k_t^{(1)}$ et $k_t^{(2)}$ du modèle CBD [2006b].

Les paramètres temporels $k_t^{(i)}$ définis dans le modèle de CBD à deux facteurs ont la propriété d'invariance par rapport aux données : l'ajout de nouvelles observations n'a pas d'impact sur la valeur des paramètres précédemment estimés, d'où une robustesse du modèle (cf. paragraphe suivant).

Le modèle fait intervenir les quotients de mortalité, contrairement au modèle de Lee-Carter. On est donc amené à calculer les quotients de mortalités en utilisant le nombre de décès annuel et l'exposition centrale annuelle. On rappelle que sous **l'hypothèse 2**, à savoir que le taux instantané de mortalité est constant dans un carré du diagramme de Lexis (1 âge x 1 année calendaire), on a estimé la probabilité de décéder dans l'année par :

$$q_x(t) = 1 - e^{-\mu_x(t)} = 1 - e^{-m_x(t)}$$

Avec $m_x(t) = \frac{d_x(t)}{E_x(t)}$ le taux de mortalité central.

5.2.3. Estimation du modèle

Le modèle défini en (CBD 1) fait intervenir implicitement le nombre de décès via le quotient de mortalité $q_x(t)$. La méthode d'estimation retenue consiste à modéliser directement le nombre de décès plutôt que le quotient $q_x(t)$. On suppose ainsi que le nombre de décès $D_x(t)$ d'âge x pendant l'année t est une variable aléatoire de loi binomiale $\mathbf{B}(l_x(t), q_x(t))$.

En effet, en considérant **uniquement** les individus d'âge x au début de l'année t , on a :

$$D_x(t) = \sum_{i=1}^{l_x(t)} \mathbb{I}_{i \text{ décède dans l'année } t}$$

Les variables aléatoires $\mathbb{I}_{i \text{ décède durant } t}$ sont de Bernoulli de paramètre $q_x(t)$, et en supposant qu'elles sont indépendantes, on trouve que $D_x(t)$ est bien une variable aléatoire binomiale d'espérance $l_x(t) \cdot q_x(t)$.

Une autre démarche est possible, consistant à supposer que le nombre de décès annuel suit une loi de Poisson de paramètre : $E_x(t) \cdot \mu_x(t)$, avec $E_x(t)$ l'exposition centrale à l'âge x pendant l'année t . Néanmoins, Currie [2014] montre que les modèles binomiaux modélisant le quotient de mortalité conduisent à un meilleur ajustement des données que les modèles poissonniens basés sur la force de mortalité.

Enfin, on suppose aussi que les variables $(D_x(t))_{x,t}$ sont indépendantes. La log-vraisemblance \mathcal{L} du modèle s'écrit alors en fonction du paramètre ϕ (à une constante additive près):

$$\mathcal{L}(\phi, D, l) = \sum_{x,t} D_x(t) \log[q_x(t, \phi)] - (l_x(t) - D_x(t)) \log[1 - q_x(t, \phi)]$$

Avec : $q_x(t, \phi) = \text{logit}^{-1} \left(k_t^{(1)} + k_t^{(2)}(x - \bar{x}) \right)$, $\phi = \left(k_t^{(1)}, k_t^{(2)} \right)_{1946 \leq t \leq 2014}$

$$l = \left(l_x(t) \right)_{\substack{1946 \leq t \leq 2014 \\ 60 \leq x \leq 90}}$$

Et $D = \left(D_x(t) \right)_{\substack{1946 \leq t \leq 2014 \\ 60 \leq x \leq 90}}$

Les effectifs initiaux $l_x(t)$ sont estimés à l'aide de la relation (c) du paragraphe 5.1.3.

Une des propriétés remarquables que vérifient les paramètres du modèle CBD 1 est l'invariance des paramètres vis-à-vis des observations : ajouter ou retrancher des observations relatives à de nouvelles années n'a pas d'impact sur la valeur des paramètres des années précédentes. Cette propriété est liée à l'expression de la log-vraisemblance $\mathcal{L}(\phi, D, l)$. En effet, en posant :

$$\lambda \left(k_t^{(1)}, k_t^{(2)} \right) = \sum_{60 \leq x \leq 90} D_x(t) \log[q_x(t, \phi)] - (l_x(t) - D_x(t)) \log[q_x(t, \phi)]$$

On obtient:

$$\mathcal{L}(\phi, D, l) = \sum_{t=1946}^{2014} \lambda \left(k_t^{(1)}, k_t^{(2)} \right)$$

Or pour $t \neq s$, $\lambda \left(k_t^{(1)}, k_t^{(2)} \right)$ et $\lambda \left(k_s^{(1)}, k_s^{(2)} \right)$ ne présentent pas de paramètres en commun.

Donc maximiser la log-vraisemblance du modèle $\mathcal{L}(\phi, D, l)$ est équivalent à maximiser $t_M - t_m + 1 = 69$ programmes de maximisation de manière indépendante. Ainsi, élargir la

période d'étude, i.e. ajouter les observations des années 2015, 2016,..., n'affectera pas la valeur des estimateurs de $k_t^{(1)}, k_t^{(2)}$ pour t entre 1946 et 2014.

L'estimation des paramètres est réalisée en maximisant par rapport à $(k_t^{(1)}, k_t^{(2)})$ la log-vraisemblance \mathcal{L} . Les équations de vraisemblance n'ont pas de solution analytique et sont ainsi résolues numériquement en suivant un algorithme de Newton-Raphson. On présente ci-dessous deux graphiques qui représentent l'évolution des estimateurs $\hat{k}_t^{(1)}$ et $\hat{k}_t^{(2)}$ en fonction du temps t .

Remarque : dans l'article original de CBD [2006b], les paramètres du modèle sont estimés en fixant t et en effectuant des régressions linéaires du logit du quotient de mortalité sur la variable $x - \bar{x}$. En effet, l'estimation consiste à calculer $(t_M - t_m + 1)$ couples d'estimateurs MCO $(\hat{k}_t^{(1)}, \hat{k}_t^{(2)})$ qui vérifie pour chaque t l'équation (1).

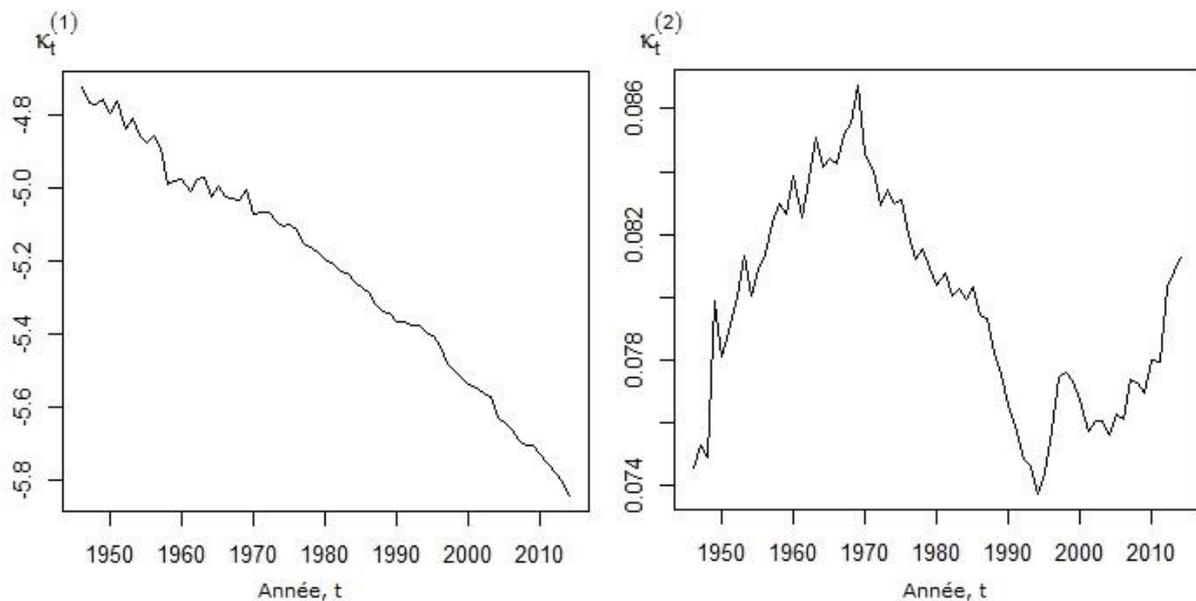


Figure 15: Evolution des estimateurs $\hat{k}_t^{(i)}$ du modèle CBD 1 en fonction du temps.

Le paramètre $\hat{k}_t^{(1)}$ a une tendance globale à la baisse les dernières années montrant ainsi une amélioration tendancielle de la mortalité, à savoir une augmentation de la longévité, durant les derniers 60 ans. Quant à $\hat{k}_t^{(2)}$, ce paramètre a une tendance croissante depuis 1995 et montre que la mortalité aux jeunes âges s'améliore plus rapidement qu'aux grands âges (les âges supérieurs à \bar{x}).

5.2.4. Qualité d'ajustement du modèle

On étudie dans ce paragraphe la qualité d'ajustement du modèle CBD [2006b] en étudiant les résidus de déviance standardisés du modèle (*standardised deviance residuals*). Les graphiques des résidus fournissent un diagnostic qui complète le graphique des ajustements et permettent de juger de la qualité du modèle ajusté. La déviance d'un modèle statistique est une généralisation de la somme du carré des résidus dans une régression linéaire. La déviance est définie pour les modèles dont l'estimation des paramètres est effectuée en maximisant la vraisemblance du modèle.

La déviance du modèle CBD [2006b] est donnée par :

$$Deviance = \sum_{x,t} 2d_x(t) \log\left(\frac{d_x(t)}{\hat{d}_x(t)}\right) + (l_x(t) - d_x(t)) \log\left(\frac{l_x(t) - d_x(t)}{l_x(t) - \hat{d}_x(t)}\right) = \sum_{x,t} dev_x(t)$$

Avec :
$$\hat{d}_x(t) = l_x(t) \cdot \text{logit}^{-1}\left(\hat{k}_t^{(1)} + \hat{k}_t^{(2)}(x - \bar{x})\right).$$

Les résidus standardisés de déviance sont ainsi définis par :

$$r_x(t) = \text{signe}\left(d_x(t) - \hat{d}_x(t)\right) \sqrt{(K - \nu) \frac{dev_x(t)}{Deviance}}.$$

Avec : $K = (t_M - t_m + 1) * (x_M - x_m + 1)$ le nombre total d'observations
 $\nu = 2 * (t_M - t_m + 1)$ le nombre effectif de paramètres dans le modèle.

Si l'hypothèse d'indépendance tiendrait, les résidus $r_x(t)$ devraient être approximativement des variables aléatoires indépendantes (Cairns et al. [2009]). Une manière simple de vérifier la validité de cette hypothèse est d'étudier le *pattern* des résidus positifs et négatifs (Koissi, Shapiro, and Hognas [2006]) : sous l'hypothèse i.i.d. les *patterns* doivent être aléatoires.

Or l'étude de la figure 16 qui présente la *heatmap* (carte de chaleur) des résidus montre clairement la présence de *patterns* de résidus : on observe des lignes diagonales de résidus ayant le même signe. Ceci met en évidence l'existence d'effets de cohorte qui ne sont pas capturés par le modèle CBD [2006b].

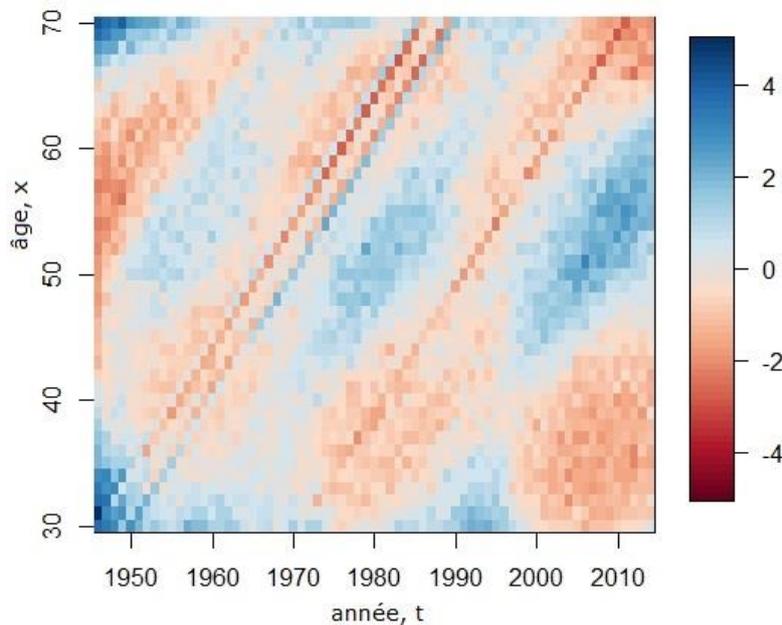


Figure 16: *heatmap* des résidus de déviance du modèle CBD [2006b]

L'étude des résidus $r_x(t)$ en fonction de l'âge x et du temps t , exhibe des résultats mitigés : le modèle capture bien les effets périodiques dépendant du temps t (graphique de droite de la figure 17) mais échoue à capturer les effets liés à l'âge x (graphique de gauche de la figure 17).

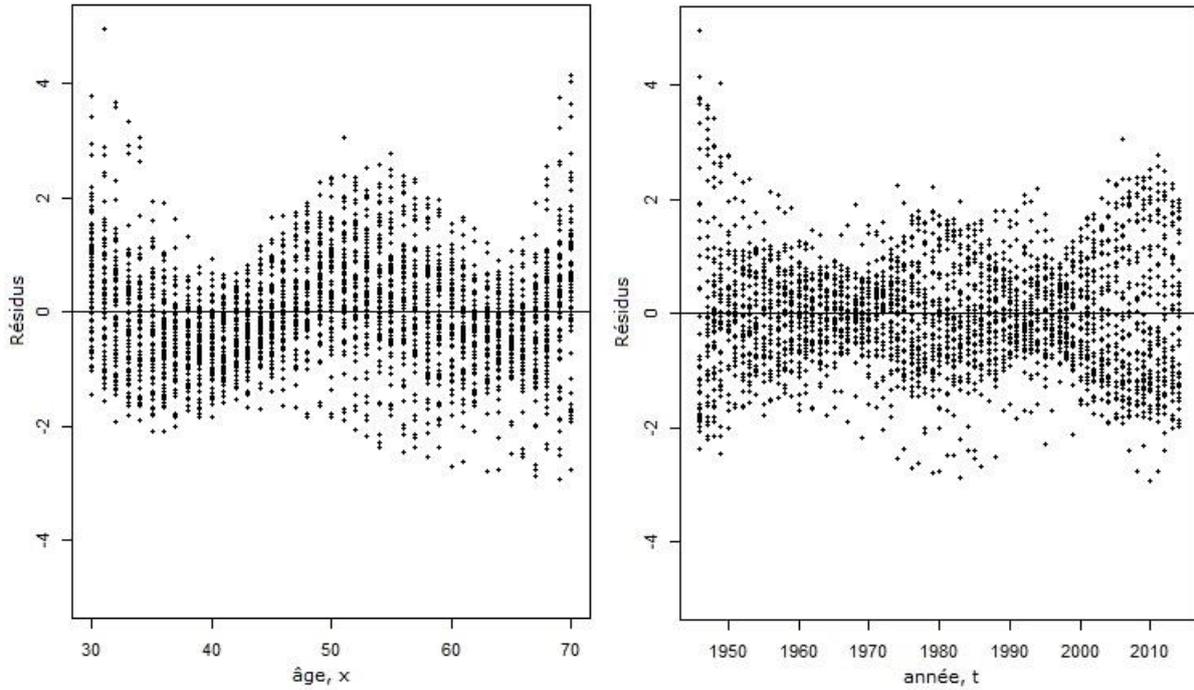


Figure 17: Résidus du modèle CBD 1

L'étude des résidus de déviance montre que l'ajustement du modèle CBD [2006b] est perfectible : le modèle échoue à capturer l'effet cohorte ainsi que les effets liés à l'âge. Ceci justifie le recours au modèle de Cairns, Blake et Dowd incorporant un effet de cohorte et développé en détail en 5.4.

5.3. Prédiction de la mortalité

5.3.2. Modélisation des paramètres $k_t^{(i)}$

On a vu que le modèle de CBD 1 faisait intervenir uniquement des paramètres temporels $k_t^{(i)}$ définis par l'équation (CBD 1). La série temporelle $\mathbf{k}_t = \begin{pmatrix} k_t^{(1)} \\ k_t^{(2)} \end{pmatrix}$ dépend uniquement du temps t et une modélisation adéquate de ce vecteur est nécessaire pour pouvoir simuler l'évolution de la mortalité à des dates futures. On retient la démarche originale utilisée dans l'article de CBD [2006b] pour modéliser \mathbf{k}_t par une marche aléatoire multivariée avec un drift $\boldsymbol{\mu}$:

$$\mathbf{k}_t = \boldsymbol{\mu} + \mathbf{k}_{t-1} + \boldsymbol{\varepsilon}_t$$

Avec :

$$\boldsymbol{\varepsilon}_t \sim \mathcal{N}(\mathbf{0}, \boldsymbol{\Sigma})$$

$\boldsymbol{\Sigma}$ la matrice de covariance.

Les paramètres du modèle sont estimés par moindres carrés ordinaires. En posant :

$$\mathbf{Y} = \begin{pmatrix} k_{1947}^{(1)} - k_{1946}^{(1)} & k_{1947}^{(2)} - k_{1946}^{(2)} \\ \dots & \dots \\ k_{2014}^{(1)} - k_{2013}^{(1)} & k_{2014}^{(2)} - k_{2013}^{(2)} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 \\ \dots \\ 1 \end{pmatrix} \text{ et } \boldsymbol{\varepsilon} = \begin{pmatrix} \varepsilon_t^{(i)} \\ \dots \\ \varepsilon_t^{(i)} \end{pmatrix}_{\substack{i=1,2 \\ t=1947 \dots 2014}}$$

On obtient :

$$Y = A\mu^T + \varepsilon$$

Avec Y, ε des matrices de taille 68×2 , A de taille 68×1 et μ de taille 2×1 .

Ainsi, l'estimateur des moindres carrés donne:

$$\hat{\mu}^T = (A^T A)^{-1} (A^T Y) = \frac{1}{n} \begin{pmatrix} k_{2014}^{(1)} - k_{1946}^{(1)} & k_{2014}^{(2)} - k_{1946}^{(2)} \end{pmatrix}$$

$$\hat{\Sigma} = \frac{(\hat{\varepsilon}^T) \hat{\varepsilon}}{n - 1}$$

Où la matrice des résidus estimés $\hat{\varepsilon}$ est définie par : $\hat{\varepsilon} = Y - A\hat{\mu}^T$.

On trouve numériquement : $\hat{\mu} = \begin{pmatrix} -0,0199 \\ 0,000213 \end{pmatrix}$ et $\hat{\Sigma} = \begin{pmatrix} 0,00201 & 0,0000689 \\ 0,0000689 & 0,0000439 \end{pmatrix}$.

Le graphique ci-dessous des résidus semble confirmer la modélisation retenue :

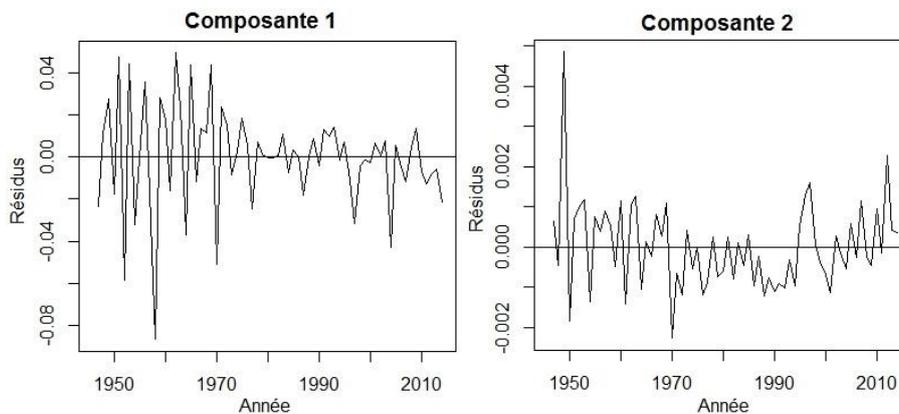


Figure 18: Résidus standardisés de la marche aléatoire vectorielle k_t

La valeur négative de μ_1 confirme l'affirmation selon laquelle il y a une amélioration de la mortalité les dernières années. De plus, la valeur positive de μ_2 suggère que la mortalité s'améliore plus rapidement pour les jeunes âges que pour les plus vieux.

Le modèle prédit qu'au-dessus de l'âge de $\left| \frac{\hat{\mu}_1}{\hat{\mu}_2} \right| = 93$ ans, la mortalité se détériore au cours du temps t . Etant donné qu'il s'agit d'un grand âge non modélisé dans l'étude, on peut affirmer que le modèle reste biologiquement « réaliste » : il prédit une amélioration globale de la mortalité dans les années prochaines pour les âges compris entre 30 et 70 ans.

5.3.3. Prédiction des paramètres

La simulation de l'évolution de la mortalité implique la projection des paramètres temporels $k_t^{(1)}$ et $k_t^{(2)}$. Or la série temporelle des (k_t) vérifie : $k_{t+h} = k_t + h\mu + \varepsilon_{t+1} + \dots + \varepsilon_{t+h}$

En utilisant les estimateurs calculés dans le paragraphe précédent, on estime la valeur prévue du vecteur $\hat{k}_{t+h|t}$ en fonction du passé infini de k_t par :

$$\hat{k}_{t+h|t} = k_t + h\hat{\mu}$$

L'erreur de prévision est donnée par : $k_{t+h} - \hat{k}_{t+h|t} = \varepsilon_{t+1} + \dots + \varepsilon_{t+h}$ et sa variance est égale à : $E[(k_{t+h} - \hat{k}_{t+h|t})(k_{t+h} - \hat{k}_{t+h|t})^T] = h\hat{\Sigma}$

Les graphiques ci-dessous représentent l'évolution des composantes sur 50 ans à partir de l'année 2014. Les courbes en pointillés représentent les prévisions centrales ainsi que les intervalles de confiance à 95% associés.

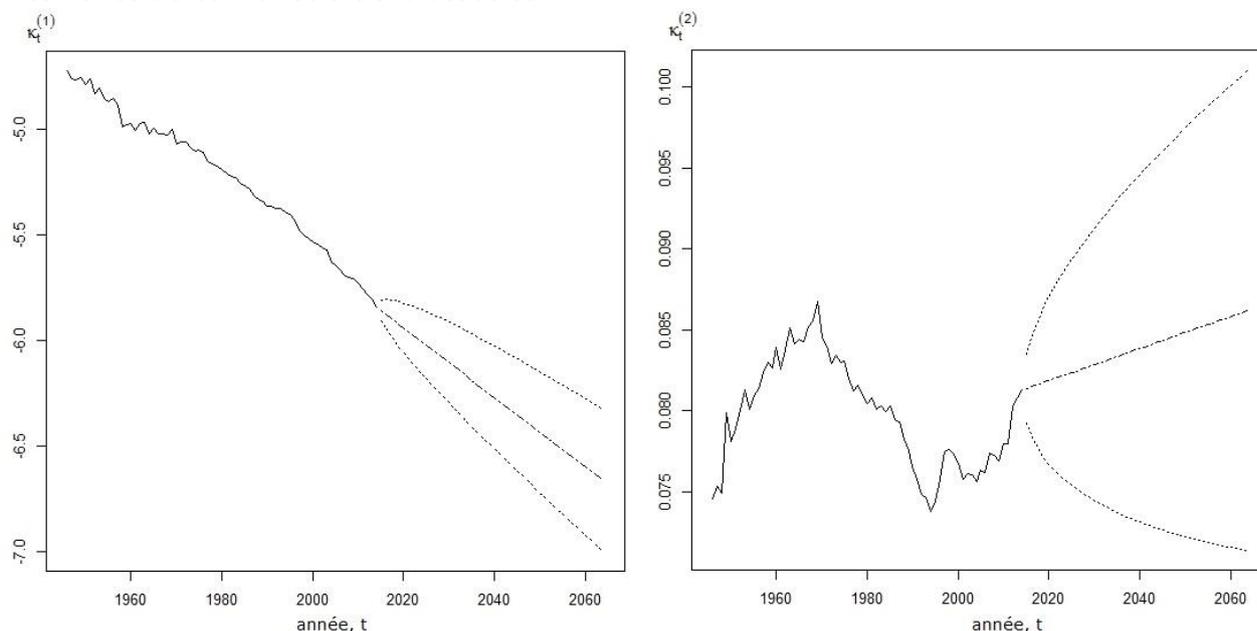


Figure 19: Projection des paramètres temporels du modèle CBD 1

Au vu de la décroissance de $k_t^{(1)}$ et de la croissance de $k_t^{(2)}$, la mortalité prévue continuera de décroître dans le futur dans le scénario central (cf. 5.2.2 pour l'interprétation des paramètres $k_t^{(i)}$). Les quotients de mortalité se déduisent directement par la formule (CBD 1) :

$$\widehat{q}_x(t+h) = \text{logit}^{-1} \left(\widehat{k}_{t+h|t}^{(1)} + \widehat{k}_{t+h|t}^{(2)} (x - \bar{x}) \right)$$

On présente en figure 20 un graphique avec les quotients de mortalité historiques et prédits sur 50 ans. On note que le modèle prend effectivement en compte l'amélioration de la mortalité au cours du temps. Néanmoins, comme on l'a souligné dans l'étude des résidus, CBD 1 échoue à tenir compte de la mortalité propre à chaque génération de naissance. La surface de mortalité est beaucoup plus lisse que la mortalité historique observée entre 1946 et 2014.

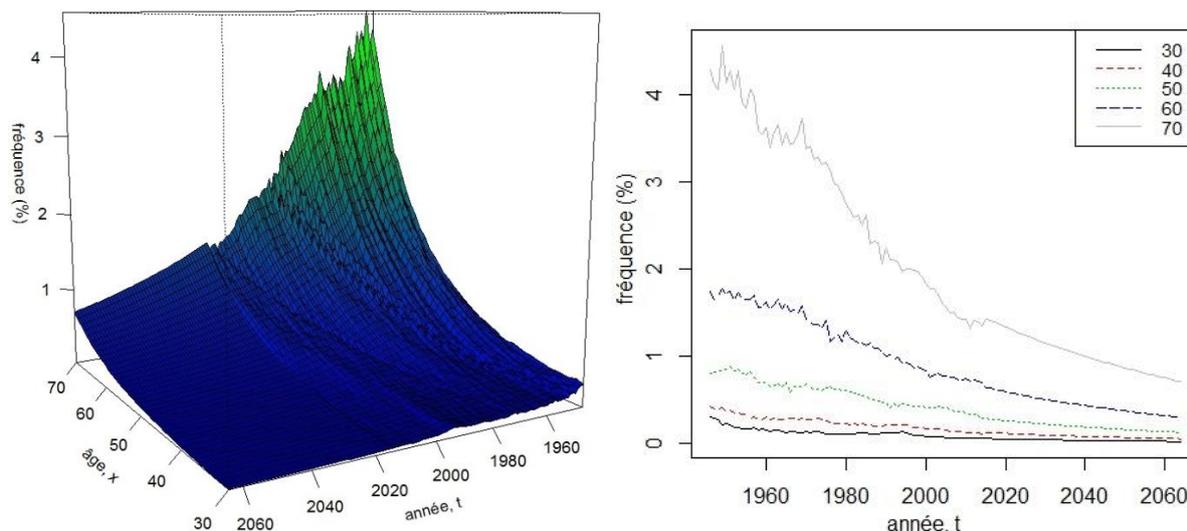


Figure 20: Quotients de mortalité prévus avec CBD 1 (scénario central) et observés, avec à droite une section pour un âge x fixé

5.4. Le modèle de CBD avec effet de cohorte

5.4.1. Présentation et estimation

Le modèle de CBD 1 ne prend pas en compte l'effet cohorte dans la modélisation de la mortalité. On considère une extension de ce modèle qui tient compte de la date de naissance des individus. Ce modèle présenté dans Cairns et al. [2009], postule:

$$\text{logit}(\hat{q}_x(t)) = k_t^{(1)} + k_t^{(2)}(x - \bar{x}) + \gamma_{t-x} \quad (\text{CBD 2})$$

Pour rendre le modèle identifiable, on impose les contraintes suivantes :

$$\sum_{c \in \mathcal{C}} \gamma_c = 0 \text{ et } \sum_{c \in \mathcal{C}} c \cdot \gamma_c = 0$$

Avec $\mathcal{C} := [1876, 1984]$ = l'ensemble des années de naissance des différentes cohortes.

Une manière alternative de prendre en compte l'effet cohorte est de remplacer γ_{t-x} par $(x_c - x) \gamma_{t-x}$. Ceci permet de tenir compte de l'affaiblissement de l'impact de l'effet âge-cohorte sur la mortalité aux âges élevés. Cette approche complexifie le modèle car introduit la nécessité d'estimer le paramètre x_c et donne au final des résultats mitigés (cf. Cairns et al., 2007, 2008).

Le paramètre $k_t^{(2)}$ s'interprète de la même manière que dans CBD 1 et correspond à la vitesse à laquelle s'améliore la mortalité aux différents âges. Par contre, le niveau moyen de la mortalité est déterminé par $k_t^{(1)} + \gamma_{t-\bar{x}}$. L'effet âge-cohorte γ_{t-x} prend donc en compte la dépendance de la mortalité de différentes caractéristiques spécifiques à la génération de naissance.

La vraisemblance du modèle CBD 2 s'écrit de manière analogue à CBD 1. L'estimation des paramètres est ainsi effectuée en maximisant la log-vraisemblance en suivant un schéma numérique de Newton (en tenant compte des contraintes d'identifiabilité). Les estimations de $k_t^{(1)}$ et $k_t^{(2)}$ sont présentés en Annexe 9.1.3, figure 30. L'estimateur de l'effet cohorte est quant à lui présenté dans la figure 21 ci-dessous.

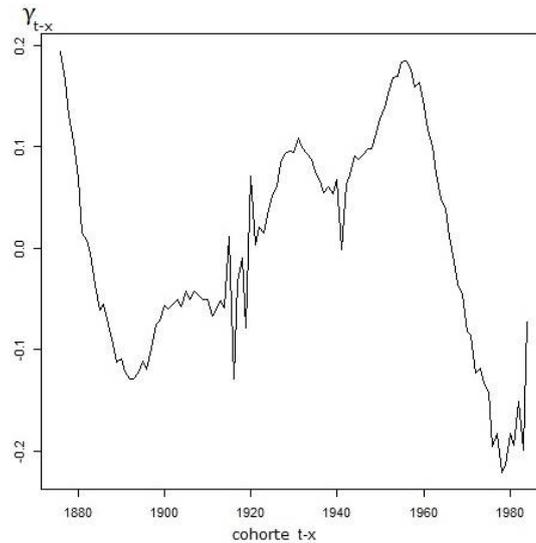


Figure 21: Estimateurs $\hat{\gamma}_{t-x}$ du paramètre de cohorte du modèle CBD 2 ajusté à la population française pour les tranches d'âges entre 30 et 70 ans.

5.4.2. Prévision

La prévision des paramètres $k_t^{(i)}$ est analogue au modèle CBD 1. On modélise le vecteur \mathbf{k}_t sous forme de marche aléatoire vectorielle avec *drift*. En suivant la méthodologie adoptée dans les travaux de Renshaw et Haberman [2006] et de Cairns et al. [2011], les paramètres $\gamma_c := \gamma_{t-x}$ de cohorte-âge sont quant à eux modélisés par une $ARIMA(p, d, q)$ de dynamique **indépendante** des paramètres $k_t^{(i)}$. On notant Δ , l'opérateur de différenciation, on suppose que :

$$\Delta^d \gamma_c - \phi_1 \cdot \Delta^d \gamma_{c-1} + \dots + \phi_p \cdot \Delta^d \gamma_{c-p} - \mu = \varepsilon_c + \psi_1 \cdot \varepsilon_{c-1} + \dots + \psi_q \cdot \varepsilon_{c-q}$$

Avec ε_c , un bruit blanc de variance constante.

La détermination des paramètres est effectuée en suivant la méthode classique de Box et Jenkins sur la série différenciée et stationnaire $\Delta \gamma_c$ présentée en figure 22 ci-dessous :

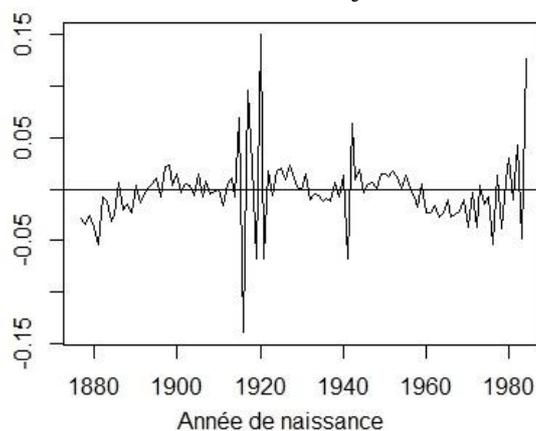


Figure 22: Série temporelle des paramètres de cohorte différenciée $\Delta \gamma_c$

On trouve ainsi $(p, d, q) = (4, 1, 3)$ et on présente ci-dessous une projection du paramètre γ_{t-x} sur un horizon de 50 ans via le package **forecast** sous R (cf. Hyndman et Khandakar, [2008]).

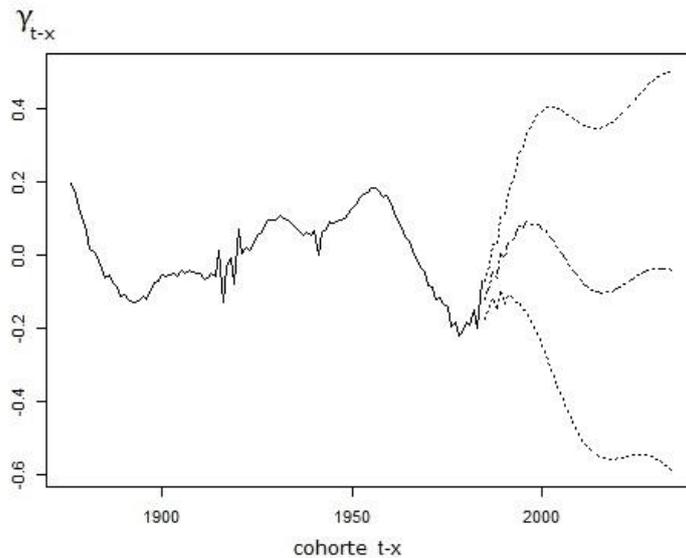


Figure 23: Projection du paramètre de cohorte γ_{t-x}

On déduit donc les valeurs projetées du prédicteur $\hat{q}_x(t)$ sur un horizon de 50 ans avec la formule (CBD 2). On présente ci-dessous la surface de mortalité obtenue.

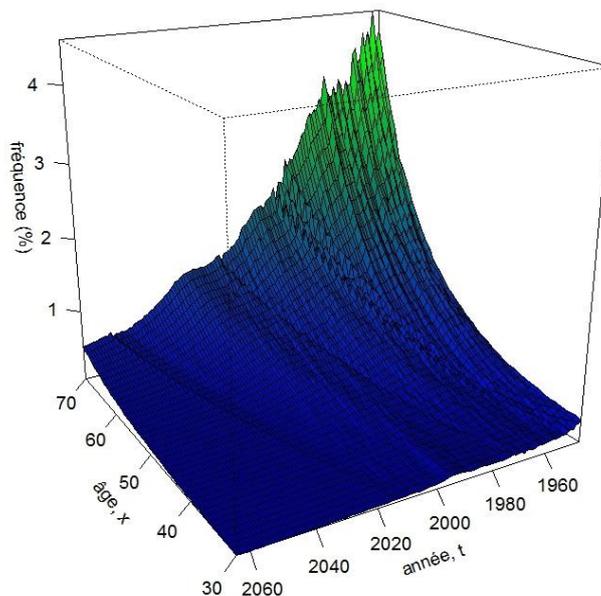


Figure 24: Quotients de mortalité observés et prévus sur 50 ans avec le modèle CBD 2.

On remarque que la surface de mortalité de CBD 2 est beaucoup moins lisse que celle prévue avec CBD 1 : les *patterns* de mortalité montrent que le modèle prend effectivement compte de l'effet âge-cohorte. Le modèle CBD 2 prévoit de manière analogue au modèle CBD 1, une baisse tendancielle de la mortalité sur les 50 prochaines années.

5.4.3. Qualité d'ajustement et comparaison

De manière analogue au 5.2.4, on étudie la qualité d'ajustement via l'étude des résidus standardisés de déviance. L'absence de *patterns* dans la *heatmap* des résidus (figure 25) montre que CBD 2 prend en compte l'effet de cohorte. Néanmoins, CBD 2 échoue aussi à capturer l'effet âge étant donné la présence de régions avec des résidus de même signe.

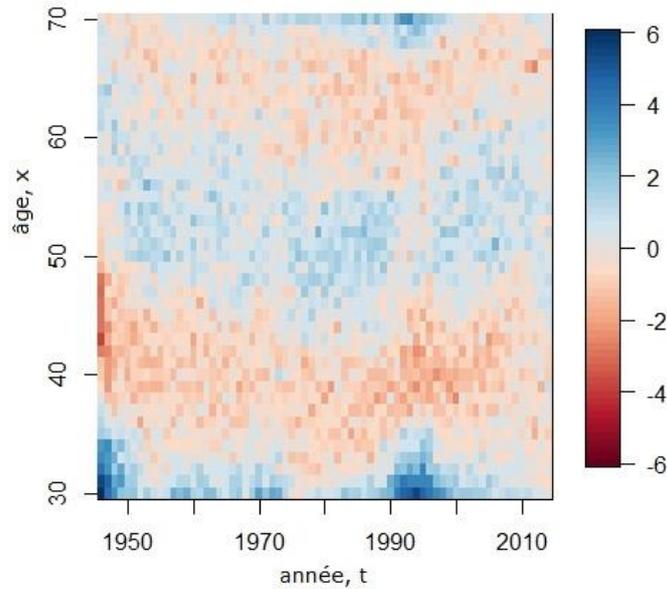


Figure 25: *heatmap* des résidus du modèle CBD 2

On compare aussi les deux modèles CBD 1 et 2 en utilisant les deux critères AIC (*Akaike Information Criteria*) et BIC (*Bayesian Information Criteria*) définis par :

$$AIC = 2\nu - 2\mathcal{L} \text{ et } BIC = \nu \log(K) - 2\mathcal{L}.$$

Avec :

K le nombre total d'observations

ν le nombre effectif de paramètres dans le modèle

\mathcal{L} la log-vraisemblance maximisée des modèles

Et $\nu = 2 \cdot (t_M - t_m + 1) + \text{card}(\mathcal{C}) - 2 = 245$ pour le modèle CBD 2 avec effet de cohorte.

Ces deux critères mesurent la qualité des modèles ajustés en prenant en compte la log-vraisemblance et pénalisant les modèles ayant un grand nombre des paramètres : ils permettent un certain compromis entre la parcimonie et la qualité d'ajustement des modèles. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Modèle	AIC	BIC
CBD 1	58946	59767
CBD 2	37654	39112

On trouve que le modèle CBD 2 a un plus petit AIC et BIC. On en déduit que l'ajout de l'effet de cohorte permet d'améliorer la qualité d'ajustement du modèle tout en évitant le problème de sur-ajustement (ou surapprentissage) des données.

5.4.4. Durée de vie résiduelle

En utilisant la formule présentée en 5.1.1 et sous **l'hypothèse 2** de constance par morceaux de la force de mortalité $\mu_x(t)$, on calcule l'espérance de vie résiduelle pour un individu âgé de 30 ans entre 1946 et 2024 avec les tables de mortalité prospectives (**en supposant que l'âge maximum atteint est de 70 ans**) :

$$e_{30}(2014) = \frac{1 - \exp(-\mu_x(t))}{\mu_x(t)} + \sum_{k=1}^{+\infty} \left\{ \prod_{j=0}^{k-1} \exp(-\mu_{x+j}(t+j)) \right\} \frac{[1 - \exp(-\mu_{x+k}(t+k))]}{\mu_{x+k}(t+k)}$$

Le graphique 26 met en évidence une amélioration prévue de la durée de vie résiduelle. Le modèle CBD 1 prédit une amélioration linéaire de cette tendance alors que CBD 2 prédit de manière plus réaliste un ralentissement de cette tendance. Il paraît plus intuitif qu'en dépassant un certain seuil, la durée de vie d'un individu ne peut être continuellement augmentée.

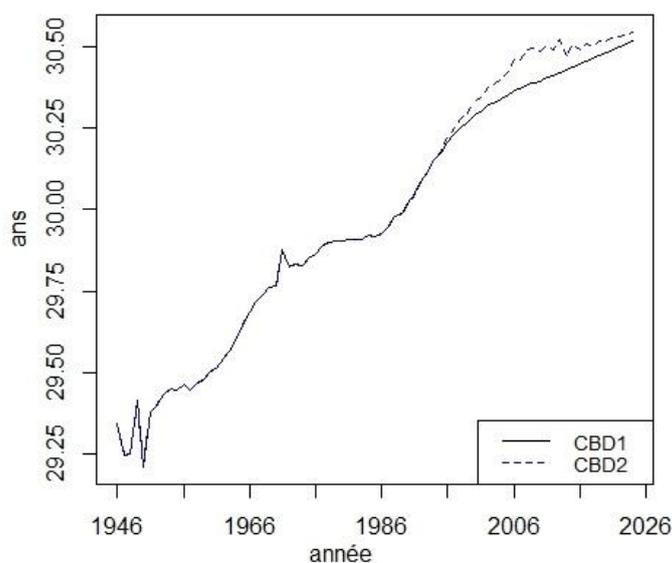


Figure 26: Evolution de la durée de vie résiduelle des individus âgés de 30 ans obtenue avec les modèles CBD 1 et 2.

5.4.5. Limites

Une vision longitudinale de la mortalité tient compte de l'évolution de la mortalité au cours du temps, contrairement à une approche transversale. Les modèles développés dans cette partie présentent des limites, parmi lesquels on peut citer :

- Les tables prospectives modélisées ne sont malheureusement pas adaptées pour prédire un véritable choc de longévité qui se produirait en cas de découverte biomédicale majeure par exemple. La vision des modèles CBD 1 et 2 se limite à anticiper une évolution de la mortalité en se basant uniquement sur les tendances observées dans le passé.
- La mortalité est vraisemblablement surestimée par les modèles à cause du phénomène d'anti-sélection (cf 6.2.2 pour plus de détails). Pour modéliser la mortalité d'un assuré à la souscription, il est préférable de construire une table de mortalité directement sur le groupe d'individus étudié. Néanmoins, une telle démarche demande un nombre suffisant de données sur la mortalité des assurés, information qu'on ne dispose pas dans cette étude.
- Le choix de la plage d'âge modélisée est primordial et a un impact direct sur la qualité du modèle: les modèles logistiques de type CBD sont mal adaptés pour modéliser la mortalité aux jeunes âges.

- Le choix de l'historique est aussi crucial et modifie l'évolution prévue de la mortalité par CBD 1 et 2. Ce constat est surtout vérifié pour CBD 2 dont les paramètres ne possèdent pas la propriété d'invariance du modèle CBD 1.
- La prévision dans les modèles de CBD est effectuée en simulant l'évolution temporelle des paramètres $k(t)$ et γ_c d'où un plus grand risque de modèle. En effet la hausse ou la baisse de la mortalité simulée dépend entièrement de l'évolution des paramètres temporels.
- Enfin, l'étude des résidus montrent que les modèles CBD 1 et 2 captent mal l'effet âge. Une des solutions est de considérer une variante de ces modèles qui intègre un coefficient lié à l'âge. Il s'agit du modèle de Plat [2009] qui combine le modèle de Lee-Carter avec le modèle de CBD (avec effet de cohorte).

6. Etude de la rentabilité

Dans la partie 4, on a étudiée l'impact de la mise en application d'IDD sur un schéma de rémunération type des intermédiaires d'assurance. L'objectif de cette partie est d'étudier l'impact d'IDD sur le taux de rentabilité interne (TRI) qui est un indicateur de rentabilité fréquemment utilisé par les assureurs. En effet, on a vu que la mise en application d'IDD avait un impact direct sur la rémunération des intermédiaires d'assurance et donc sur les hypothèses de commissionnement pris en compte dans le calcul du TRI. Pour cela, on se concentrera sur un portefeuille formé de contrats typiques d'épargne.

6.1. TRI : généralités

6.1.1. Inversion du cycle de production

L'activité d'assurance est une activité tournée vers le long terme avec une inversion du cycle de production: les indicateurs traditionnels de rentabilité basés sur une vision par exercice ne reflètent que partiellement l'activité d'assurance. Pour les contrats d'épargne par exemple, les gains et les pertes engendrés par les garanties et options (définies dans les clauses du contrat) ne sont pas connus au moment de la souscription. On présente ci-dessous le profil des flux engendrés par la vente d'un contrat épargne :

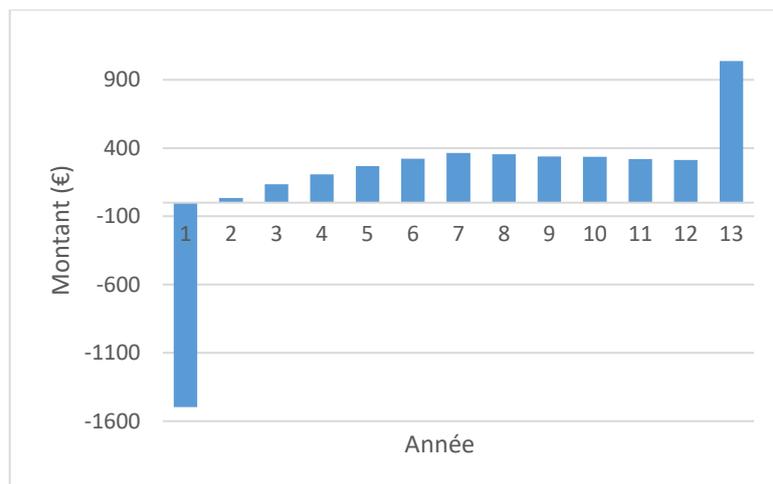


Figure 27: Exemple d'évolution du résultat d'un contrat épargne

Le premier résultat comptable observé est négatif à cause des coûts d'acquisition (*strain*) et du capital immobilisé. On rappelle que le capital immobilisé correspond au MSR (marge de solvabilité réglementaire) sous Solvabilité 1 et au SCR (*solvency capital requirement*) sous Solvabilité 2. Les années suivantes, les résultats sont positifs suite aux frais de gestion prélevés pendant la durée de vie du contrat et à la reprise du capital requis. Ainsi, il est nécessaire de modéliser les différents flux futurs pour estimer la rentabilité actuelle d'un contrat épargne. L'indicateur de rentabilité présenté dans le paragraphe suivant reflète le caractère long terme d'un contrat épargne et nécessite pour cela de simuler l'évolution moyenne d'un contrat épargne.

1.1.2. Définition du TRI

L'*internal rate of return* (IRR), est la traduction anglaise du **taux de rentabilité interne (TRI)**. Il s'agit d'un indicateur de rentabilité prospectif prenant en compte la durée des contrats, leurs différents flux et des incertitudes et aléas survenant au cours du temps. Cet indicateur tient compte aussi du décalage entre la survenance et le règlement des sinistres. De manière analogue au calcul du taux de rendement interne des obligations, l'IRR

correspond au taux d'actualisation donnant une Valeur Actuelle Net (VAN) égale à zéro lorsqu'il est appliqué aux résultats distribuables dans le temps t :

$$\sum_{t=1}^T \frac{\text{Résultat}_t}{(1 + IRR_t)^t} - \text{Investissement}_{initial} = 0$$

L'investissement initial comprend le *strain* (frais d'acquisition) ainsi que le capital immobilisé. **Le TRI représente le taux de rendement lorsque la compagnie dépense un euro.**

6.1.2. Model point

Pour calculer le TRI, une estimation des flux futurs sur un portefeuille de contrat épargne est nécessaire. Néanmoins, le portefeuille n'est pas projeté contrat par contrat : on utilise des *model points* qui correspondent à des agrégations moyennes de contrats ayant des caractéristiques similaires.

Chaque model point a des hypothèses précises qui lui sont associées :

- L'âge moyen de l'assuré à la souscription ;
- Le montant du versement initial, des reversements et des primes périodiques ;
- Les lois de comportements associées (Rachat total/partiel, réduction des versements) ;
- La répartition de l'épargne entre le fonds en euro et les UC ;
- Les frais inscrits dans les conditions générales du contrat ;
- Le taux de redistribution des bénéficiaires ;
- Les coûts associés à ce contrat moyen ;
- Les taux de commission qui rémunèrent l'intermédiaire d'assurance.

6.1.3. Les hypothèses

Le calcul du TRI fait intervenir une projection des résultats dans le temps. Il est calculé sous les hypothèses suivantes :

- Le portefeuille en run-off i.e. il n'y a plus d'affaires nouvelles après la première année de projection. Ceci permet de restreindre l'étude sur uniquement les affaires actuelles et facilite la modélisation en évitant de projeter les affaires nouvelles ;
- L'ensemble des éléments du bilan évolue dans un scénario déterministe « monde réel », appelé Management Case. Dans ce scénario, les indices financiers sont projetés sous la probabilité historique (en opposition à un scénario risque neutre où la projection est effectuée sous la probabilité risque neutre).

6.1.4. Provision mathématique

La PM ou l'encours est égale à la différence entre la valeur actuelle probabilisée des engagements pris par l'assureur envers l'assuré et la valeur actuelle probabilisée des engagements pris par l'assuré envers l'assureur. Elle correspond à l'épargne de l'assuré et lui est versée à la fin de la période de capitalisation en une seule fois ou sous forme de rente viagère. Les compagnies d'assurance vie sont amenées à constituer des provisions techniques afin de pouvoir faire face à tout instant à leurs engagements. L'encours servira de base pour calculer les dépenses de la compagnie.

6.1.5. Projection des flux

A la souscription, l'encours correspond à la prime versée nette de chargements à l'acquisition et des frais de dossier. Il est augmenté chaque année de la revalorisation brute composée des intérêts techniques, de la participation aux bénéficiaires (PB) et des versements bruts (ou versements libres, VL). L'encours est diminuée des frais d'acquisition sur les versements (libres, programmés ou initiaux) et des frais de gestion mais aussi des rachats et des décès.

Le modèle de rentabilité projette l'encours du contrat et le compte de résultat. Une fois la PM projetée, on peut alors calculer les revenus et les dépenses qui sont exprimés comme un % de l'encours. Le résultat statutaire est alors donné par la somme des revenus moins les dépenses.

La réglementation contraint l'assureur d'immobiliser pour garantir un niveau de solvabilité minimal : sous solvabilité I il s'agit du MSR et sous solvabilité II, il s'agit du SCR (*solvency capital requirement*). La variation de ce capital réglementaire doit être prise en compte pour le calcul du résultat distribuable. Dans ce mémoire, pour simplifier les calculs, on se place dans un environnement Solvabilité I. le MSR est donné par :

$$MSR = 4\% PM_{euro} + 1\% PM_{UC}$$

Il suffit donc de projeter la PM pour projeter le capital requis à des dates futures.

Ainsi, le résultat distribuable est alors donné par la somme des résultats statutaire et immobilisé. Sous différentes hypothèses, on arrive donc à modéliser les différents flux aléatoires d'un contrat d'épargne sur des horizons futurs (sur 30 ans dans la maquette utilisée).

Dans le cadre de ce mémoire, on s'intéressera uniquement aux hypothèses de décès de l'assuré (tables de mortalité) ainsi qu'aux dépenses liées aux schémas de rémunération des intermédiaires d'assurance.

6.2. Etude du TRI d'un contrat épargne PUVL

6.2.1. Le contrat étudié

On calcule le TRI sur un contrat d'épargne PUVL, comportant des garanties en cas de vie et en cas de décès. Le contrat considéré a pour objectif de permettre à l'adhérent d'accumuler une épargne en vue de se constituer un capital ou une retraite à long terme.

La durée initiale de l'adhésion est de 8 ans au minimum, et de 15 ans au maximum. Au-delà de la durée initiale, le contrat est prolongé d'année en année. On choisit un horizon de projection de 30 ans (supérieur à au moins 8 ans).

En cas de vie à l'échéance de son adhésion, l'assuré perçoit son épargne augmentée au fil des années :

- soit sous forme d'un capital,
- soit sous forme de rente viagère.

Le versement initial doit être supérieur à 1000 € (300 € si les versements sont programmés), et le contrat peut être assorti de garanties en cas de décès (garantie plancher par exemple).

6.2.2. Intégration des modèles sur la mortalité CBD 1 et CBD 2

Dans le paragraphe 6.1.5, on a vu que des hypothèses techniques sont nécessaires pour estimer le comportement de l'assuré durant la phase de capitalisation de son contrat. Le décès par exemple d'un assuré entraîne la clôture du contrat souscrit et le versement des prestations dues au titre des différentes garanties. Le décès d'un assuré fait donc diminuer le montant de l'encours géré. La probabilité de décès est comptée dans l'évaluation du taux de sortie de l'encours (prends en compte le rachat total et partiel) et le taux de sortie des contrats (prends en compte uniquement le rachat total).

Les CG du contrat étudié spécifient les contraintes en termes d'âge. L'assuré doit être âgé entre 18 et 80 ans. Etant donné que la moyenne d'âge calculée à la souscription sur l'ensemble des contrats d'épargne vendus sur les réseaux de distribution est de l'ordre de 35 ans, on a choisi de restreindre la plage des âges étudiés entre 30 et 70 ans.

▪ « Anti-sélection »

Lors de la souscription d'un contrat d'assurance, l'assuré est mieux informé que l'assureur sur l'état de sa propre santé. On est en présence d'une asymétrie d'information : les demandeurs d'une assurance vie ne sont pas représentatifs de la population de référence (la population française). Ils constituent plutôt un sous-groupe qui comprendra vraisemblablement des individus qui auront une espérance de vie plus élevée. La mortalité moyenne d'un souscripteur d'assurance vie est donc en principe inférieure à celle de l'ensemble de la population française. On parle « d'anti-sélection » car l'assureur est soumis au risque de longévité lorsque l'épargne est restituée sous forme de rente viagère.

L'utilisation des tables prospectives construites sur la population française surestime la mortalité et donc sous-estime le TRI du contrat étudié. Une des solutions pour palier à ce problème est de construire une table de mortalité sur les assurés. Un modèle relationnel de type Brass [1971] peut être utilisé pour structurer à l'aide d'une table de référence (par exemple les tables de mortalité développées en partie 4) la mortalité du groupe étudié. Néanmoins, on ne dispose pas de telles informations sur les adhérents des contrats d'assurance vie de la compagnie.

▪ Les modèles CBD 1 et CBD 2

On utilise les tables de mortalité prospectives construites en partie 4 pour estimer l'évolution de la probabilité ${}_nq_x(t)$ de décéder avant d'atteindre l'âge $x+n$ à partir de l'année de souscription du contrat t .

On calcule ${}_n\hat{q}_x(t) = 1 - {}_n\hat{p}_x(t) = P(T_x < n \mid T \geq x, U = t - x)$ avec la formule de Bayes :

$${}_n\hat{p}_x(t) = \hat{p}_x(t) \cdot \hat{p}_{x+1}(t+1) \dots \hat{p}_{x+n-1}(t+n-1)$$

Ainsi : ${}_n\hat{q}_x(t) = 1 - [1 - \hat{q}_x(t)][1 - \hat{q}_{x+1}(t+1)] \dots [1 - \hat{q}_{x+n-1}(t+n-1)]$

On trace ci-dessous l'évolution du quotient de mortalité $n \rightarrow {}_nq_{30}(2015)$ en fonction du temps t d'un individu d'âge 30 ans en 2015, date de la souscription du contrat :

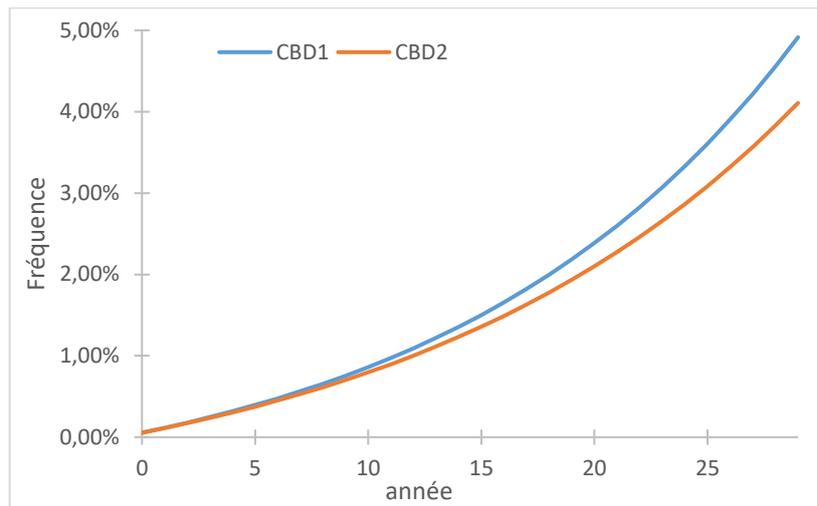


Figure 28: Fonction $n \rightarrow {}_nq_{30}(2015)$ obtenue avec les modèles CBD 1 et CBD 2

Le modèle CBD 2 prévoit donc une plus faible mortalité que celle prévue par CBD 1. Le TRI trouvé avec CBD 2 est de 13.779% et avec CBD 1 de 13.773% : on trouve une différence relative de moins de 1%. Le choix entre les deux modèles n'a pas d'impact significatif sur le taux de rentabilité interne et pour le reste de l'étude **on retient les prévisions du modèle CBD avec effet de cohorte (CBD 2)**.

6.2.3. Chargement à l'acquisition

À la conclusion d'un contrat d'assurance vie, le client paye des frais fixes et variables. Les frais fixes correspondent à des frais de dossier et sont constants. Les frais variables, appelés aussi chargements, s'expriment comme un % du montant du versement effectué (pour les affaires nouvelles, reversements et primes périodiques) et sont égaux normalement à 5% de la prime. Le vendeur du contrat peut diminuer les frais variables pour attirer un nouveau client.

Les taux de chargement font partie des revenus de la compagnie et sont pris en compte dans le TRI. On étudiera dans ce paragraphe les taux de chargement et on vérifiera aussi la conformité du portefeuille à la loi Marini à savoir que le taux maximum des frais annuels prélevés est inférieur à 5% du montant total des versements annuels effectués.

- La base des données

La base de données utilisée « *flux_2015* » est le résultat de l'activité « Reporting » mensuelle réalisée par l'équipe, consistant à extraire les variables et les observations d'intérêt dans des bases générées par le système informatique. La base « *flux_2015* » contient environ 2 millions d'observations correspondant au nombre total de flux enregistrés en 2015 sur le contrat épargne étudié (entrants et sortants). Les flux retenus sont soit des affaires nouvelles (AN), soit des versements libres (VL), soit des primes périodiques (PP).

Une partie non négligeable du travail a consisté à fiabiliser la base et à vérifier la cohérence des observations en utilisant différents critères, par exemple : suppression des doublons ou vérification de la comptabilisation des annulations (la somme des flux sur un contrat annulé doit être nulle).

- Taux de chargement et loi Marini

Depuis le 1^{er} janvier 2015, l'article L 132-22-1 complété suite à la présentation d'un amendement par le sénateur P. Marini, stipule que **le montant des frais prélevés, lors de la souscription et lors du versement des primes au cours d'une année donnée, ne peut excéder 5% du montant des primes versées cette même année. L'amendement interdit ainsi l'application des frais précomptés**, largement utilisé auparavant par les assureurs.

Le précompte pouvait s'appliquer sur les contrats épargne. Cette pratique consiste à calculer les frais encaissés dans le futur en se basant sur la totalité des versements que le client s'est engagé à payer et à les prélever sur les premières années du contrat. Cette pratique est très pénalisante pour les clients qui décident de racheter de manière anticipée leur contrat d'assurance d'où son interdiction récente par le code des assurances.

On rappelle que le quantile d'ordre α pour une variable aléatoire de distribution F est donné par $\inf\{t|F(t) \geq \alpha\}$. Au global, la fréquence des contrats à taux de chargement strictement supérieur à 5% est inférieure à 1%. Voici ci-dessous un tableau présentant les quantiles du taux de chargement :

Médiane	Moyenne	Q95	Q99	Max
0.88%	0.99%	4.85%	5.00%	6.00%

Concernant les versements à taux de chargement supérieur à 5%, il s'agit majoritairement de primes et de versements à très faible montant : la moyenne de ces versements est de 59 € et le quantile d'ordre 99% est 277 € sur ces flux. **On retiendra pour le calcul du TRI un taux de chargement moyen de 1% pour tous les mouvements possibles (AN, VL et PP).**

6.2.4. Les commissions : IDD et son impact

Le TRI prend en compte les dépenses liées à la rémunération des intermédiaires d'assurance. Le passage à IDD modifie la méthode de rémunération et donc les hypothèses liées aux dépenses des assureurs. On évalue dans ce paragraphe l'impact agrégé d'IDD sur le TRI. On étudie pour cela les variations moyennes des hypothèses de commissionnement causées par la directive.

On calcule la rémunération de chaque intermédiaire d'assurance avec le code SAS développé en 4.2.3 composante par composante. On en déduit ensuite la rémunération avant et après mise en œuvre des propositions d'aménagement liées à IDD :

- Commission à l'acquisition : la rémunération des intermédiaires sur les frais collectés augmente au global (cf. tableau 5 du 4.2.4). La commission moyenne augmente donc suite au lissage de la fonction de rémunération ;
- Commission sur encours : elle reste invariée car on a montré sa conformité à IDD dans la partie 4.1.2.

Le passage à IDD impacte de manière peu significative le TRI du produit PUVL étudié : le TRI baisse de 0,2%. En effet, l'impact des aménagements proposés dans le cadre d'IDD a des conséquences relativement faibles sur la rémunération des intermédiaires d'assurance. Ceci amène donc à relativiser l'impact global d'IDD sur la rentabilité de l'assureur dans le cadre des évolutions proposées dans ce mémoire.

7. Conclusion

La mise en place des évolutions suite à l'entrée en vigueur prochaine de la **directive sur la distribution d'assurance IDD**, et plus généralement le suivi de la conformité aux différentes réglementations d'assurance constitue un enjeu central pour les assureurs. IDD modifie la pratique de l'activité d'assurance et notamment en ce qui concerne la rémunération des intermédiaires et la transparence de cette rémunération.

Les conflits d'intérêts émergent essentiellement du fait des systèmes de rémunération incitatifs basés uniquement sur les performances et mettant en place des « effets seuil », c'est-à-dire des situations où par exemple, le dépassement d'une certaine valeur donnée fait augmenter de manière discontinue la rémunération du vendeur de contrat d'assurance. La prise en compte de critères qualitatifs (tels que l'avis du client sur le service de vente) dans le mécanisme de rémunération pourrait être une solution possible à ce problème.

La transparence de la rémunération, c'est-à-dire la révélation par le vendeur au client du montant de sa rémunération liée à la vente d'un contrat d'assurance-vie est une solution imposée par IDD. La transparence viserait à diminuer l'asymétrie d'information entre le client et le vendeur et donc aiderait le client à choisir le produit le mieux adapté à ses besoins. Néanmoins, des expériences empiriques montrent que cette transparence aurait un impact négatif ou nul sur le client, en le rendant plus confus et donc en favorisant le vendeur du contrat.

L'étude de certains mécanismes de rémunération des intermédiaires d'assurance a révélé l'existence de situations générant potentiellement des conflits d'intérêts clients-intermédiaires : on a un « effet seuil » au niveau de la rémunération sur les frais collectés, autrement dit le vendeur du contrat pourrait être incité à prélever davantage de frais pour franchir un certain seuil donné et augmenter ainsi de manière discontinue sa rémunération.

L'évolution proposée dans le cadre d'IDD est uniquement un lissage de la rémunération sur les frais collectés. L'application de cette modification sur une base ad-hoc exhibe une légère augmentation de la rémunération à l'acquisition des intermédiaires d'assurance. Concernant la rémunération sur encours, le fait qu'elle soit bornée permet de la considérer comme conforme à IDD.

On s'est aussi intéressé aux hypothèses de mortalité prises en compte dans le calcul du TRI. L'étude de la mortalité via deux modèles prospectifs a montré que le choix du modèle de durée n'a pas d'impact considérable sur le TRI. Néanmoins, sélectionner un modèle avec effet de cohorte permet une modélisation plus fine de la mortalité d'un assuré.

Enfin l'étude a montré que le passage à IDD pourrait avoir des **impacts mineurs** et donc acceptables sur le TRI calculé sur un portefeuille de contrats d'épargne. IDD modifie les hypothèses liées aux commissions à l'acquisition. Néanmoins, il est important de relativiser les résultats de l'étude menée sur quelques exemples restreints de schémas de rémunération : IDD pourrait avoir des conséquences non négligeables sur l'activité d'assurance-vie en France.

8. Bibliographie

- **Directive 2002/92/ce** du parlement européen et du conseil du 9 décembre 2002 sur l'intermédiation en assurance.
- **Directive (UE) 2016/97** du parlement européen et du conseil du 20 janvier 2016 sur la distribution d'assurances (refonte).
- Document de travail des services de la Commission Européenne, résumé de l'analyse d'impact accompagnant le document: « **directive du parlement européen et du conseil sur l'intermédiation en assurance** », Strasbourg, le 3.7.2012 SWD(2012).
- « Study on the impact of the revision of the Insurance Mediation Directive », (ETD/2007/IM/B2/51), Final report, PwC.
- D. Meza, B. Irlenbusch, D. Reyniers, November 2007. «Experimental Evidence on Salesmanship, Mandatory Disclosure and the Purchase of Income and Loan Payment Protection Insurance », London School of Economics.
- « IDD-MiFID 2 : impact sur la distribution d'OPC », Sagalink Consulting septembre 2015.
- Cairns, A. J. G., Blake, D., Dowd, K., 2006. « A two-factor model for stochastic mortality with parameter uncertainty: theory and calibration ». Journal of Risk and Insurance 73 (4), 687-718.
- Cairns, A. J. G., Blake, D., Dowd, K., Coughlan, G. D., Epstein, D., Khalaf-Allah, M., 2011. « Mortality density forecasts: An analysis of six stochastic mortality models ». Insurance: Mathematics and Economics 48 (3), 355-367.
- Cairns, A. J. G., Blake, D., Dowd, K., Coughlan, G. D., Epstein, D., Ong, A., Balevich, I., 2009. « A quantitative comparison of stochastic mortality models using data from England and Wales and the United States ». North American Actuarial Journal 13 (1), 1-35.
- Currie, I. D., 2014. « On fitting generalized linear and non-linear models of mortality ». Scandinavian Actuarial Journal.
- Hyndman, R. J., Khandakar, Y., 2008. « Automatic time series forecasting: the forecast package for R ». Journal of Statistical Software 27 (3), 1-22.
- BROUHNS N., DENUIT M. [2002], « Risque de longévité et rentes viagères : II. Tables de mortalité prospectives pour la population belge », BAB.
- BROUHNS N., DENUIT M. [2002], « Risque de longévité et rentes viagères : I. Evolution de la mortalité en Belgique de 1880 à nos jours », BAB.
- Wai-Sum Chan, Johnny Siu-Hang Li, Jackie Li, 2014, « The CBD Mortality Indexes: Modeling and Applications », North American Actuarial Journal.
- Haberman, S., Renshaw, A., 2011. « A comparative study of parametric mortality projection models ». Insurance Mathematics and Economics 48 (1), 35-55.
- DAO D., « Projection du SCR à la maille produit et impacts sur la Rentabilité d'un contrat épargne ». Mémoire d'actuariat

- DAMASSE A. : « Mortalité prospective et construction de tables de mortalité d'expérience ». Mémoire d'actuariat.
- Weil S., « Impacts de modèles de longévité, standards et innovants, pour un portefeuille de rentes espagnoles ». Mémoire d'actuariat, Université de Strasbourg - Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, 2010.
- <https://acpr.banque-france.fr/publications/revue-de-lacpr/revue-de-lacpr-n24-sommaire/protection-de-la-clientele.html>
- http://ec.europa.eu/finance/insurance/consumer/mediation/index_fr.htm
- <http://www.argusdelassurance.com/institutions/la-directive-sur-la-distribution-d-assurances-est-publiee-et-apres.103290>

9. Annexes

9.1. Résultats

9.1.1. Lissage de la fonction de rémunération à l'acquisition

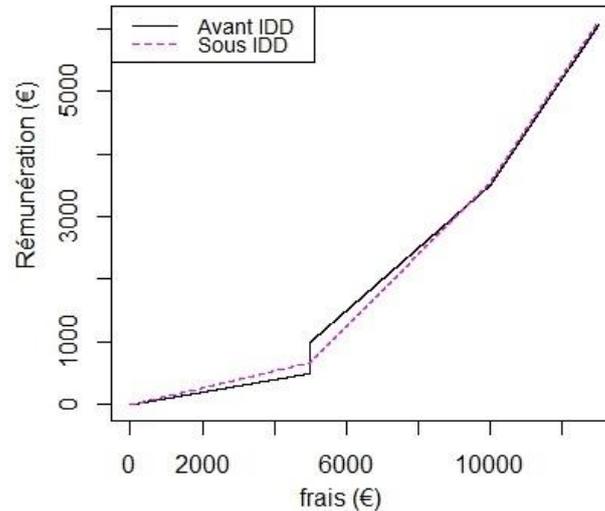


Figure 29: Fonction de rémunération des frais collectés avant lissage et après.

9.1.2. Tests de Breusch-Pagan

Année	p-value	Année	p-value	Année	p-value	Année	p-value
1946	0,188505	1966	0,024991	1986	0,648912	2006	0,602786
1947	0,109407	1967	0,19203	1987	0,004702	2007	0,255793
1948	0,218421	1968	0,901451	1988	0,58641	2008	0,122513
1949	0,332745	1969	0,921177	1989	0,018484	2009	0,024627
1950	0,213273	1970	0,088264	1990	0,015143	2010	0,029282
1951	0,062932	1971	0,917673	1991	0,006129	2011	0,025378
1952	0,018492	1972	0,481038	1992	0,003291	2012	0,193905
1953	0,003508	1973	0,023701	1993	0,005749	2013	0,006635
1954	0,017458	1974	0,396822	1994	0,024587	2014	0,629608
1955	0,043447	1975	0,21603	1995	0,18125		
1956	0,027276	1976	0,789361	1996	0,109476		
1957	0,012196	1977	0,541957	1997	0,019151		
1958	0,002396	1978	0,359052	1998	0,002078		
1959	0,006283	1979	0,965878	1999	0,077224		
1960	0,009777	1980	0,947728	2000	0,181747		
1961	0,000726	1981	0,904326	2001	0,066777		
1962	0,026199	1982	0,961109	2002	0,11524		
1963	0,00588	1983	0,452177	2003	0,441132		
1964	0,208253	1984	0,474829	2004	0,327104		
1965	0,160047	1985	0,613167	2005	0,822936		

9.1.3. Paramètres $k(t)$ du modèle CBD 2

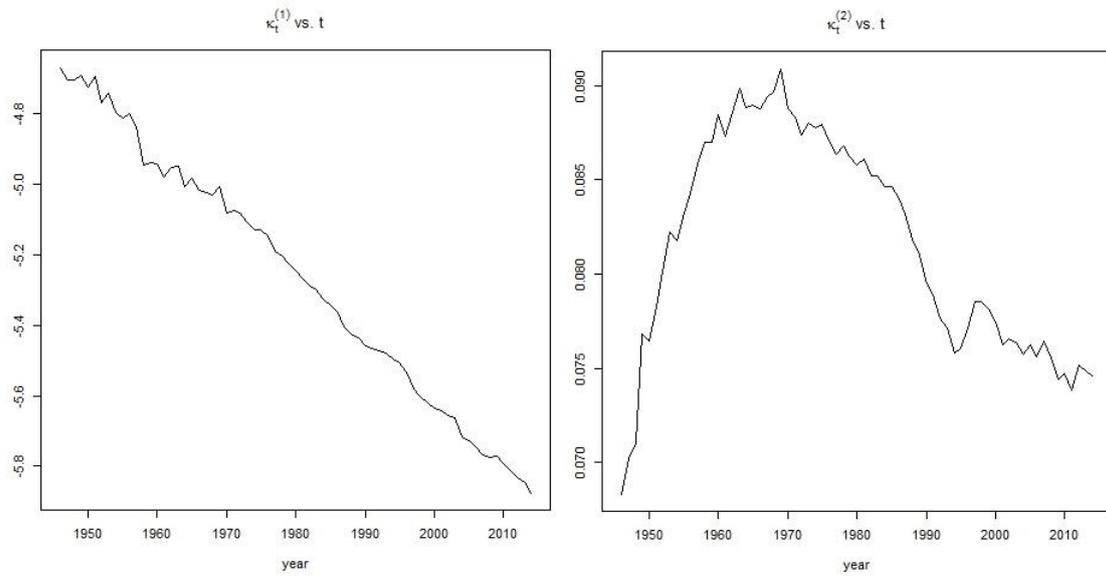


Figure 30: Paramètres temporels $k(t)$ historiques dans le modèle CBD 2

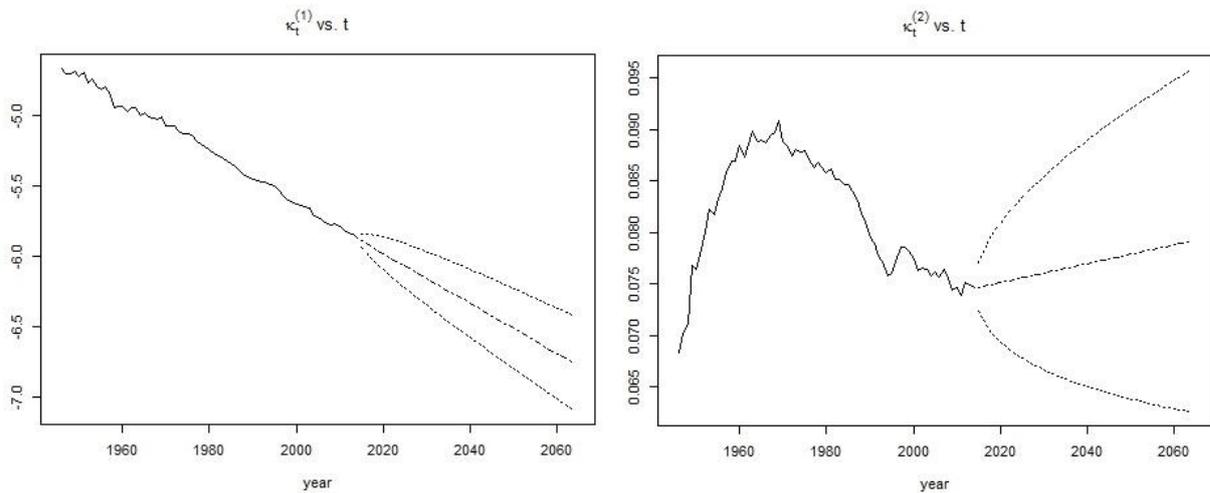


Figure 31: Projection des paramètres $k(t)$ dans le modèle CBD 2 avec une marche aléatoire vectorielle

Note de synthèse

Suite aux turbulences financières des dernières années, la protection des intérêts du client est devenue un enjeu central pour les autorités financières. Plusieurs directives européennes ont vu le jour dans le secteur bancaire et visent un meilleur contrôle des pratiques commerciales. La directive sur la distribution en assurance, **IDD** (*Insurance Distribution Directive*), s'inscrit dans ce cadre général de protection accrue des consommateurs dans le secteur de l'assurance, et surtout de **l'assurance-vie**. IDD a été publiée dans le journal européen le 12 février 2016 et devra être transposée dans le droit national français dans un délai de 2 ans. Ainsi, la directive ne sera effective qu'au début de l'année 2018, permettant donc aux compagnies d'assurance de commencer à étudier ses impacts potentiels sur leur activité.

IDD vient suite à la Directive sur l'Intermédiation en Assurance, DIA, première législation visant à réglementer la vente des produits d'assurance. IDD élargit d'une part le champ d'application de DIA en englobant tous les canaux de distribution des produits d'assurance. D'autre part, IDD vise à harmoniser les dispositions nationales relatives à **l'activité de distribution** en imposant :

- L'obligation de fournir au client les informations pertinentes sur le produit d'assurance ;
- Le suivi d'une formation professionnelle adéquate pour répondre aux exigences d'aptitudes et de compétences professionnelles ;
- En assurance-vie, une transparence de la rémunération c'est-à-dire que le vendeur du contrat d'assurance doit informer son client sur sa rémunération perçue en lien avec le contrat vendu ;
- La directive s'attaque aux conflits d'intérêts entre le client et le vendeur de produits d'assurance. Les distributeurs d'assurance doivent ainsi servir au mieux les intérêts de leurs clients.

En France, les intermédiaires d'assurance constituent un réseau de distribution extrêmement important pour les compagnies d'assurance. Ils permettent à l'entreprise de toucher un plus large public, contribuent à la vente, la gestion et l'administration des contrats d'assurance. En contrepartie de cette activité, ils perçoivent une rémunération de la part des compagnies d'assurance sous forme de commissions. Cette rémunération peut être à l'origine de conflits d'intérêts entre le client et l'intermédiaire.

Dans le cadre de ce stage de fin d'études, j'ai étudié **l'impact d'IDD sur l'activité d'épargne des compagnies d'assurance et sur leurs réseaux d'intermédiaires**. Plus précisément, mon travail a consisté à :

- Détecter les potentielles sources de conflits d'intérêts client-vendeur dans un schéma type de rémunération d'une activité vie d'un intermédiaire d'assurance ;
- Proposer des modifications adéquates du système de rémunération pour le rendre conforme à IDD et quantifier leurs impacts sur la rémunération des intermédiaires ;
- Evaluer les conséquences d'IDD sur la rentabilité d'une compagnie d'assurance via l'étude du taux de rentabilité interne (TRI), en mettant en place un modèle prospectif de mortalité pour simuler l'évolution de la mortalité d'un assuré.

Je me suis intéressé à un exemple de schéma de rémunération des intermédiaires d'assurance lié à leur activité épargne, c'est-à-dire à la vente et la gestion des contrats d'épargne. Dans ce mémoire, la rémunération des intermédiaires est supposée divisée en deux volets principaux :

- a. **La rémunération à l'acquisition sur les frais collectés** : dépend du total des frais collectés par l'intermédiaire sur le client. Elle est supposée être affine par morceaux et discontinue en un certain point donné.
- b. **La rémunération sur encours** : rémunère l'intermédiaire pour la gestion des contrats. Elle est croissante du taux UC des contrats vendus et est supposée bornée.

J'ai commencé par étudier la transparence de la rémunération proposée par IDD : l'intermédiaire doit informer son client, avant la conclusion du contrat, sur la nature et le montant de sa rémunération ou dans le cas échéant la base de calcul de cette rémunération. Cette mesure aiderait le consommateur à mieux identifier les produits correspondant à ses besoins en révélant les intérêts du vendeur et diminuant ainsi l'asymétrie d'information. Ainsi la transparence de la rémunération est censée réduire les sources de conflits d'intérêts entre un client et un intermédiaire d'assurance. Néanmoins, des études récentes d'économie comportementales montrent que l'ajout d'informations supplémentaires rend le client moins sûr dans son choix final et a un effet inverse à celui recherché par la directive. Les effets de la transparence de rémunération sont donc mitigés et peuvent même potentiellement nuire aux intérêts du client. Cette mesure est donc insuffisante pour résoudre le problème des conflits d'intérêts.

J'ai étudié ensuite l'exemple de schéma de rémunération des intermédiaires d'assurance pour détecter les potentielles sources de conflits d'intérêts. La rémunération sur encours (REC) étant croissante du taux UC des contrats vendus, pourrait potentiellement générer un conflit d'intérêts client/vendeur : l'intermédiaire serait tenté de vendre uniquement des contrats à support UC qui lui sont plus rémunérateurs que les contrats à support en euro. Il est amené ainsi à négliger le profil de risque de son client (risque-averse ou non). Cependant, la REC est bornée, ce qui amène à la considérer comme conforme à IDD. En effet, la borne inférieure garantit une rémunération minimale pour les intermédiaires ayant tout leur encours en euro. La borne supérieure réduit quant à elle l'incitation à vendre uniquement des contrats à support UC.

Par contre, la rémunération à l'acquisition du fait de sa discontinuité peut générer un « effet seuil ». « L'effet seuil » correspond à une situation où dépasser un seuil donné de frais collectés fait augmenter de manière discontinue la rémunération de l'intermédiaire d'assurance. Cette situation crée donc une incitation à franchir un seuil de frais collectés et peut générer des conflits d'intérêts. Pour pallier à ce problème, la solution que j'ai considérée est le lissage de la fonction de rémunération. Ainsi le principe de rémunération est préservé avec une nouvelle fonction de rémunération continue et affine par morceau. Les coefficients directeurs qui définissent la nouvelle fonction sont obtenus en minimisant les variations induites par le lissage sur la rémunération globale des intermédiaires.

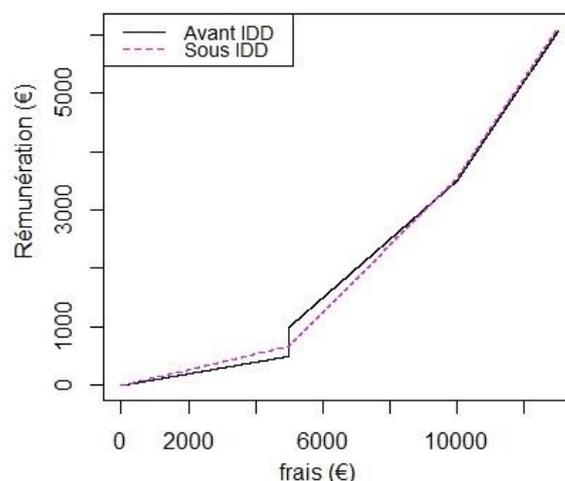


Figure 1 : Fonction de rémunération à l'acquisition sur les frais avant et après lissage.

Une fois les nouveaux coefficients directeurs obtenus, j'évalue l'impact du lissage sur la rémunération des intermédiaires au niveau global et individuel. Le lissage a un faible impact sur la rémunération globale des intermédiaires (+0,53%).

Périmètre	Proportion (%)	Avant IDD (M€)	Sous IDD (M€)	Variation
Global	100	9,46	9,51	+0,53%
Gagnants	78,98	7,09	7,25	+2,23%
Perdants	21,02	2,37	2,26	-5,90%

Tableau : Rémunération à l'acquisition des intermédiaires d'assurance avant et sous IDD.

Les conséquences au niveau individuel sont aussi relativement négligeables. La majorité des intermédiaires sont gagnants après le lissage c'est-à-dire que leur rémunération à l'acquisition augmente. Néanmoins, ces variations sont inférieures en valeur absolue à 300€ de rémunération annuelle pour tous les intermédiaires (gagnants ou perdants). Ceci montre que la directive aurait un faible impact sur la rémunération des intermédiaires d'assurance.

Je me suis intéressé ensuite à l'impact d'IDD sur la rentabilité d'une compagnie d'assurance évaluée dans ce mémoire par le **taux de rentabilité interne** (TRI). Le TRI est calculé sur un portefeuille de contrats d'épargne typiquement commercialisés par les intermédiaires d'assurance. Je me suis focalisé en particulier sur la modélisation de la mortalité d'un assuré ayant souscrit un contrat d'épargne. En effet, le TRI permet de simuler les flux futurs probabilisés en tenant compte de l'évolution temporelle de la mortalité d'un assuré.

Un premier modèle de mortalité de Cairns-Blake et Dowd (CBD 1) est calibré sur la population civile française. J'ai choisi de travailler sur ce modèle étant donné la relation de linéarité historique observée entre le logit des quotients de mortalité et l'âge d'un individu. Cette relation n'est valide que pour les grands âges. La tranche des âges modélisée est comprise entre 30 et 70 ans et se justifie par l'âge moyen observé des souscripteurs qui est de l'ordre de 35 ans. Le modèle est calibré en maximisant la vraisemblance après avoir supposé que les décès suivent une loi binomiale. Je projette ensuite les quotients de mortalité dans le temps en modélisant l'évolution des paramètres temporels obtenus

précédemment. CBD 1 tient compte de l'allongement de la durée de vie et de la baisse de mortalité mais échoue à capturer les effets de cohorte (liés à l'année de naissance).

Pour pallier à ce problème, j'ai considéré une extension du modèle initial en intégrant des paramètres exprimant l'effet âge-cohorte (CBD 2). La projection des paramètres est effectuée en supposant que les paramètres de cohorte sont indépendants des autres paramètres temporels et suivent une ARIMA (4,1,3). Le modèle CBD 2 a un meilleur ajustement et a un AIC et BIC plus petits que ceux obtenus avec CBD 1. Il permet donc une prévision plus fine de l'évolution de la mortalité et ses prévisions sont retenues dans la suite de l'étude. Néanmoins, CBD 2 ne reflète pas la mortalité réelle des souscripteurs d'un contrat épargne. En effet, à cause du phénomène d'anti-sélection, la mortalité des assurés est vraisemblablement surestimée par le modèle CBD 2 qui est calibré sur la population civile totale de la France. Il en découle que le TRI calculé ultérieurement avec ces prévisions est vraisemblablement sous-estimé.

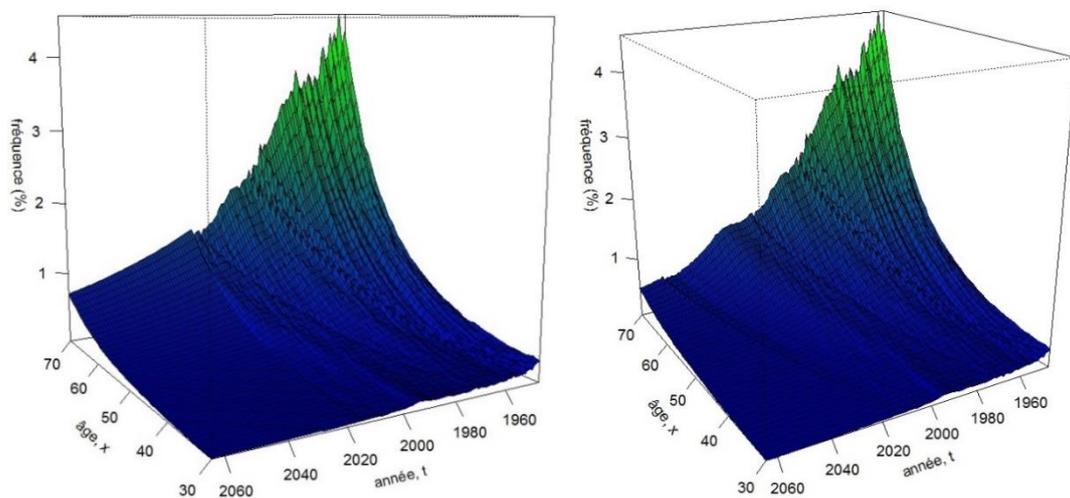


Figure 2: Surfaces de mortalité observées et prédites par CBD1 (gauche) et CBD2 (droite)

Dans la dernière partie, j'ai d'abord regardé les chargements (frais) qui sont payés par le client lors de la conclusion d'un contrat. Ces chargements sont des revenus pour la compagnie d'assurance et sont collectés par l'intermédiaire d'assurance, ensuite reversés à la compagnie. L'étude a révélé un taux de chargement de l'ordre de 1% du total des versements effectués par les clients. Ce taux est retenu en hypothèse pour le calcul du TRI. Ce taux est conforme à la loi Marini qui stipule que le taux de chargement prélevé ne doit pas dépasser 5% du total des versements annuels effectués sur un contrat d'épargne.

J'ai enfin calculé le TRI en comparant sa valeur avant et après le lissage de la rémunération à l'acquisition causé par IDD. Le passage à IDD modifie légèrement l'hypothèse de commission à l'acquisition, en d'autres termes la rémunération des intermédiaires sur les frais collectés. Les autres hypothèses étudiées restent quant à elles invariantes (commissions sur encours, chargements à l'acquisition). Le passage à IDD impacte de manière peu significative la valeur du TRI qui diminue de 0,2%. Ceci est dû au choix de la fonction de rémunération à l'acquisition obtenue par minimisation des variations induites par le lissage. Dans le cadre de ce mémoire, l'aménagement proposé du système de rémunération des intermédiaires d'assurance conduit donc à de faibles conséquences sur la rémunération ainsi que sur la rentabilité de la compagnie d'assurance.

Synthesis

After all the last financial turbulences, the protection of customer's interests has become a central task for the financial authorities. Several European directives have emerged in the banking sector and aimed to improve control on commercial practices. The Insurance Directive on Distribution, IDD, aims to increase consumers' protection in the insurance sector and especially in life insurance field. IDD was published in the EU on 12 February 2016 and will be effective in the beginning of year 2018 after being implemented in the national French law. This delay time allows insurance companies to start studying now IDD's potential repercussions on their activity.

IDD comes after the Insurance Mediation Directive, IMD, which was the first regulatory framework to regulate the sale of insurance contracts. IDD extends the scope of IMD by covering all the distribution channels of insurance products. Moreover, IDD aims to harmonize the national requirements related to the distribution of insurance products by imposing:

- The obligation to provide the client with the relevant information on the purchased insurance contract ;
- Following a relevant professional training in order to meet the job skills and professional requirements ;
- The transparency of remuneration, especially in life insurance. This means that an insurance seller should disclose his remuneration related to the sale of a product ;
- The prevention of conflicts of interests between the client and the seller of the insurance contract. The insurance distributors should serve in the best way the interests of their customers.

In France, insurance intermediaries are an extremely important part of an insurance company distribution channels. They allow the company to reach a large scope of clients and contribute to the contracts' management and administration. In return for their services, they perceive a monetary remuneration from the insurers (called also commissions). The system of their remuneration can sometimes generate conflicts of interests between the customer and the insurance intermediary.

During this internship, I have studied the impact of IDD on companies' life insurance activity and on their intermediary networks. More precisely, I had to:

- Detect the potential sources of conflicts of interests between a customer and an intermediary by studying a standard example of an intermediary's remuneration ;
- Propose appropriate modifications of the remuneration system to make it conform to IDD and quantify their impacts on the remuneration of intermediaries;
- Evaluate the consequences of IDD on the profitability of an insurance company by studying the internal rate of return (IRR) and modeling the mortality's evolution of a policy-holder.

I worked on an example of an intermediary's remuneration system related to the sale of life insurance products (savings contracts). The remuneration system was supposed to be divided in two main parts:

- a. Remuneration on acquisition for the annual collected charges: remunerates the seller depending on the total amount of collected charges during the year. The function was supposed to be piecewiseaffine and discontinuous in a given point.
- b. Remuneration on mathematical reserve: remunerates the seller for managing the life insurance contracts. The function is increasing in the contract's diversification rate (part of unit-linked contracts among euro-linked contracts) and has an upper and lower boundary.

I started to study the transparency of remuneration imposed by IDD: the insurance intermediary have to disclose his remuneration to his client. So he has to inform the client before the contract's conclusion, about the nature and the amount of his remuneration or, if necessary, the basis of calculation of this remuneration. The transparency would help the consumer to better choose the product that matches his needs, by revealing the seller's interests and thus reducing the asymmetry of information between the two of them. Thus the transparency of remuneration is supposed to reduce the sources of conflicts of interests between a client and an insurance intermediary. Nevertheless, recent studies in behavioral economics show that more information may deflect attention from what is really important. By so, disclosure of remuneration could potentially make the client less confident in his final choice. Therefore, transparency of remuneration has mixed results and could potentially harm the consumer's interests. So, transparency is insufficient to solve the problem of conflict of interests.

I then studied the remuneration system of insurance intermediaries in order to identify and delete the potential sources of conflict of interests. The remuneration on mathematical reserve, which is increasing in the rate of unit-linked contracts, could potentially generate a conflict of interest between the customer and the insurance product seller: the intermediary could be tempted to sell only unit-linked contracts because they are more remunerative for him and for the insurance company than euro-linked contracts. By this, he neglects the risk profile of his client (risk-averse or no). However, the REC is bounded, which makes it conform to IDD. Indeed, the upper bound prevents insurance intermediaries from selling only unit-linked contracts and the lower bound allows intermediaries to be remunerated even if they sold only euro-linked contracts.

On the other hand, the remuneration on annual collected charges could be a source of a "threshold effect" because of its discontinuity. "The threshold effect" corresponds to a situation where exceeding a given threshold of collected costs increases discontinuously the remuneration of the insurance intermediary. This situation creates an incentive to cross the threshold and may generate conflicts of interest. To solve this problem, I considered a smoothing of the remuneration function. Thus, the scheme of remuneration is preserved and the new function of remuneration is continuous and piecewiseaffine. The slope coefficients that define the new function are obtained by minimizing the variations induced by the smoothing on the total amount of remuneration perceived by the intermediaries.

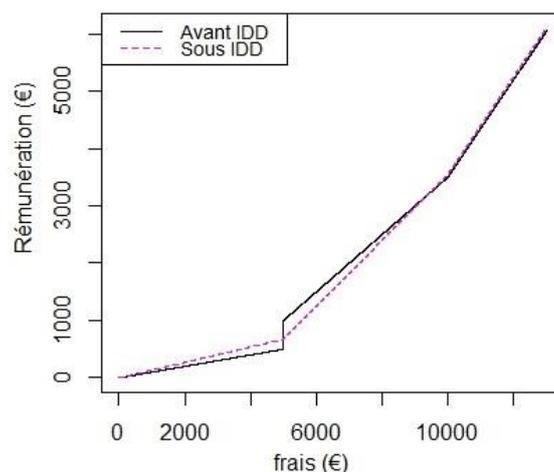


Figure 1: Remuneration on the collected charges before and after the smoothing.

Once the new coefficients are computed, I evaluate the impact of the smoothing on the global remuneration of intermediaries. The modification has a weak impact on the overall remuneration of the insurance intermediaries. (+ 0.53%).

Scope	Proportion (%)	Before IDD (M€)	Under IDD (M€)	Variations
Global	100	9,46	9,51	+0,53%
Increased	78,98	7,09	7,25	+2,23%
Decreased	21,02	2,37	2,26	-5,90%

Table : Insurance intermediaries' remuneration on collected charges before and after the smoothing caused by IDD

The consequences on the individual level are also relatively small. The majority of the intermediaries have their remuneration increased after the smoothing. Nevertheless, these variations are lower in absolute value than 300 € of annual remuneration for all intermediaries (winners or losers). This shows that the Directive has a low impact on the remuneration of insurance intermediaries.

After quantifying IDD's consequences on intermediaries' remuneration, I worked on the IDD's impact on the profitability of an insurance company, by computing the internal rate of return (IRR). The IRR is computed on a portfolio of savings contracts typically sold by insurance intermediaries. I focused on modeling the mortality curve of a policy-holder. Indeed, the IRR takes in consideration the temporal evolution of the mortality of subscribers that have purchased a savings contract.

A first mortality model of Cairns-Blake and Dowd (CBD 1) is calibrated on the French civilian population. I chose to use this model given the historically observed linear relationship between the one-year probability of death (in logit scale) and the age of an individual. The relationship is valid only for older ages. The retained range of ages is between 30 and 70 years. It is justified by the observed average age of insurance subscribers, which is around 35 years. The model is calibrated by maximizing the log-likelihood after assuming that death counts follow a binomial distribution. I then forecast over the time the evolution of mortality by projecting the previously obtained parameters. CBD 1 succeeded to capture

the mortality's rate improvement but failed to capture the cohort effect (related to the year of birth).

To improve the initial model, I considered an extension of the CBD 1 model by adding age-cohort effect (CBD 2). The projection of parameters is done by assuming that the cohort parameters are independent of the other temporal parameters and follow an ARIMA (4,1,3). The CBD 2 model has a better fit and has a smaller AIC and BIC than those computed on CBD 1. Therefore it allows a finer forecast of the mortality and its predictions are used in the IRR's study. Nevertheless, CBD 2 does not reflect the real subscribers' mortality. Indeed, because of anti-selection, the mortality of the insured is probably overestimated by the model CBD 2, which is calibrated on the total French population. As a result, the calculated IRR using these forecasts is very likely to be underestimated.

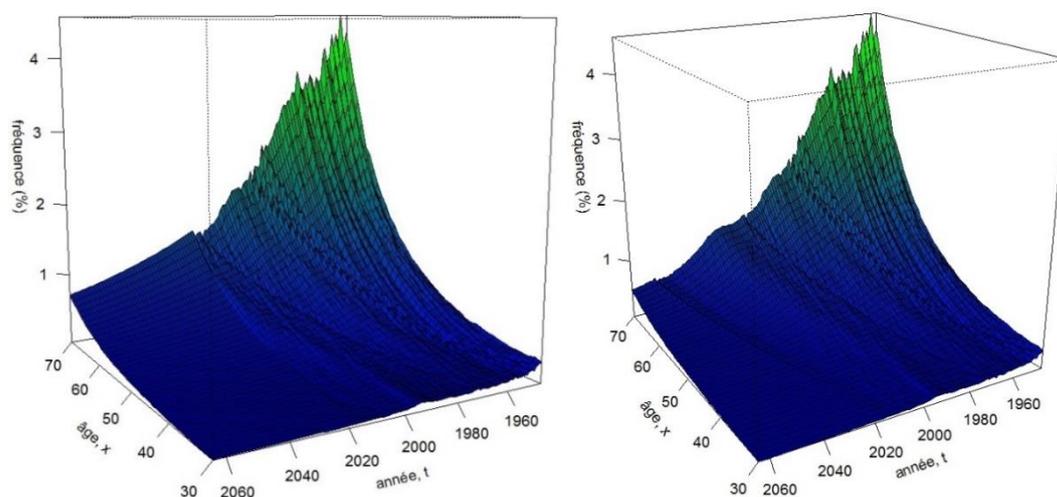


Figure 2: The observed and forecasted by CBD1 (left) and CBD2 (right) mortality surface.

In the last part, I started by analyzing the charges (fees) that are paid by the client before the conclusion of a contract. These charges are incomes for the insurance company. They are collected by insurance intermediaries, then reversed to the company. The study revealed a loading rate of 1% from the total annual payments of the client. This rate will be used in the calculation of the IRR. This rate is in conformity with the Marini law which stipulates that the rate of loading must not exceed 5% of the total annual payments made on a savings contract.

Finally, I have computed the IRR and compared its value before and after the smoothing of the remuneration on collected charges caused by IDD. Under IDD, the commission on acquisition varies slightly. The other hypotheses remain invariant (commissions on mathematical reserve, charges). The changes due to IDD have a small impact on the value of the IRR, which decreases by 0.2%. This result is explained by the choice of the function of remuneration on acquisition, obtained by minimizing the variations induced by the smoothing. Hence, the proposed modification of the insurance intermediaries' remuneration leads to small consequences for their remuneration and for the profitability of the insurance company.