

**Mémoire présenté devant l'Institut du Risk Management
pour la validation du cursus à la Formation d'Actuaire
de l'Institut du Risk Management
et l'admission à l'Institut des actuaires
le**

Par : Amandine UNTEREINER-BINO

Titre : Risque lié aux engagements de retraite : intégration dans la mesure du capital interne
chez BNP Paribas

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

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

Membres présents du jury de l'Institut des
actuaires :

.....
.....
.....

Membres présents du jury de l'Institut du Risk
Management :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Secrétariat :

Bibliothèque :

Entreprise :

Nom : BNP PARIBAS

Signature et Cachet :



Directeur de mémoire en entreprise :

Nom : Jérôme LAMARQUE

Signature :

Invité :

Nom :

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

Signature(s) du candidat(s)

Mémoire d'actuariat

Risque lié aux engagements de retraite : Intégration dans la mesure du besoin en capital interne chez BNP Paribas

Réalisé par : Amandine UNTEREINER-BINO (CEA)

CONFIDENTIEL

Décembre 2020

Responsable de mémoire : Jérôme LAMARQUE

BNP Paribas – Responsable Engagements Sociaux

RESUME

Ce mémoire vise à présenter les actions menées au sein du Groupe BNP Paribas afin d'intégrer le risque lié aux engagements de retraite du Groupe dans la mesure du besoin en capital interne exigée par la réglementation Bâle III. Ce risque a été jugé matériel au vu de la volatilité du bilan IFRS qu'implique la réévaluation périodique de ces engagements et de leurs actifs de couverture et a donc été intégré au processus interne d'évaluation du besoin en capital (*ICAAP*).

La mesure de risque imposée par le Groupe est une VaR (*Value-at-Risk*) 99,90% à un an. Dans ce cadre, le risque retraite a, d'abord, été modélisé par un modèle de VaR paramétrique reposant sur la décomposition des engagements de retraite et de leurs actifs de couverture en différents facteurs de risque, tous supposés suivre une loi normale. Chacun de ces facteurs est caractérisé par son rendement et sa volatilité et leurs corrélations sont prises en compte au travers d'une matrice de variance-covariance.

Ce premier modèle a ensuite été revu avec, pour double objectif, d'harmoniser les méthodologies d'évaluation des différents risques du Groupe et de pallier les faiblesses du modèle paramétrique. Un modèle de VaR stochastique s'appuyant sur un générateur de scénarios économiques déjà utilisé pour mesurer d'autres risques matériels a ainsi été conçu puis validé.

Le modèle stochastique apparaît plus satisfaisant, notamment parce qu'il permet une meilleure analyse des résultats produits. Reste néanmoins la faiblesse inhérente à ce type de modèle, à savoir la forte dépendance à l'univers des possibles défini par le générateur de scénarios économiques.

MOTS CLES :

Mesure du capital interne, ICAAP, engagements de retraite, IAS19, Value-at-Risk, facteurs de risque, approche paramétrique, approche stochastique

ABSTRACT

This paper aims to present the way BNP Paribas included the pension risk in the group internal capital requirement measure in line with Basel III regulation. Assessed as material for the Group because of the volatility on the IFRS balance sheet created by the periodic remeasurements of the defined benefit obligations and plan assets, this risk was integrated to the Internal Capital Adequacy Assessment Process (*ICAAP*).

The measure decided at Group level is a one-year horizon 99.90% Value-at-Risk (*VaR*). Within this framework, pension risk was first assessed through a parametric model, based on the split of obligations and plan assets in several risk factors that are all supposed to follow Gaussian distributions. Each of these risk factors is characterized by its return and volatility. Correlations between them are taken into account through a variance-covariance matrix.

This first model was then challenged with two main objectives: make the internal capital valuation model for pension risk consistent with other *ICAAP* risks' valuation and provide improvements to identified weaknesses of the parametric model. A new stochastic approach was developed and validated: in this new model, the *VaR* is derived from gains & losses distribution obtained by stochastic projections of economic variables from an Economic Scenarios Generator used for other Group material risks.

That stochastic model appears as a great achievement for the Group as it allows a better understanding of the results and thus a better monitoring of pension risk. However, we have to keep in mind the major weakness of that kind of model, which is the strong dependence of the results with the economic scenarios universe.

KEY WORDS:

Internal capital measure, *ICAAP*, pension obligation, IAS19, Value-at-Risk, risk factors, parametric model, stochastic model

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Jérémie Noé et Céline Denys pour l'opportunité qu'ils m'ont donnée de suivre cette formation d'actuariat ainsi que Jérôme Lamarque pour son concours à la supervision de ce travail et son soutien tout au long du cursus jusqu'à la rédaction de ce mémoire.

Je remercie également mes collègues Edouard Tabary, Olivier Derollez, Arnaud Hemmendinger, Geoffrey Devost et Axel Mahuzier pour leur aide, leurs précieux conseils et leur expertise.

Enfin, un grand merci à ma famille qui a été présente tout au long de ce parcours et m'a permis, grâce à son aide constante et à son soutien infaillible, d'aller jusqu'au bout de ce projet.

TABLE DE MATIERES

INTRODUCTION	13
1 L'ICAAP CHEZ BNP PARIBAS ET LA PRISE EN COMPTE DU RISQUE RETRAITE COMME RISQUE MATERIEL.....	15
1.1 L'ICAAP, une exigence réglementaire dans le cadre du pilier 2 de Bâle 3 pour les établissements bancaires.....	15
1.1.1 Contexte réglementaire.....	15
1.1.2 Focus sur les exigences du pilier 2	17
1.1.3 La mise en place de l'ICAAP chez BNP Paribas	20
1.2 L'identification des risques et de leur matérialité dans le cadre de l'ICAAP.....	22
1.2.1 Le risque de crédit	22
1.2.2 Le risque de marché.....	23
1.2.3 Le risque opérationnel	23
1.2.4 Le risque de taux d'intérêt sur le portefeuille bancaire	24
1.2.5 Le risque d'exploitation.....	24
1.2.6 Les risques émergents.....	24
1.3 Focus sur le risque retraite : un risque considéré comme matériel pour BNP Paribas	25
1.3.1 Différents types d'avantages sociaux consentis aux collaborateurs	25
1.3.2 Comptabilisation des avantages sociaux (engagements et actifs de couverture) en IFRS (norme IAS19R).....	27
1.3.3 Le risque lié aux engagements de retraite : une combinaison de différents risques.....	29
1.3.4 Les montants en jeu chez BNP Paribas	31
2 L'INTEGRATION DU RISQUE RETRAITE DANS L'ICAAP GROUPE.....	37
2.1 Généralités sur le type de modèle choisi par le Groupe : modèle de Value at Risk.....	37
2.1.1 Définition de la VaR.....	37
2.1.2 Avantages et limites de la VaR comme mesure de risque.....	38
2.1.3 Paramètres de la VaR	39
2.1.4 Méthodes d'évaluation de la VaR	39
2.1.5 Méthodologie initialement choisie par le Groupe pour l'évaluation du risque retraite .	41
2.2 Description du fonctionnement du modèle de VaR paramétrique mis en œuvre	41
2.2.1 Modélisation de la VaR par facteurs de risque.....	41
2.2.2 Données d'entrée du modèle : engagements de retraite et actifs de couverture	47
2.2.3 Données de sortie du modèle.....	50
2.3 Présentation des résultats au 31 décembre 2019	51

2.3.1	Périmètre des engagements et actifs de couverture couvert par le modèle de calcul actuel	51
2.3.2	Résultats du modèle actuel de calcul du risque retraite au 31 décembre 2019.....	52
2.3.3	Reverse stress-test : recherche d'un scénario déterministe illustrant le niveau de VaR obtenu	54
2.4	Limites identifiées du modèle de calcul de la VaR actuellement utilisé	56
2.4.1	Limites en termes de qualité de données	56
2.4.2	Limites en termes d'hypothèses utilisées	57
2.4.3	Limites en termes de méthodologie.....	58
3	MISE EN PLACE D'UN NOUVEAU MODELE DE CALCUL DE VAR AU TITRE DES ENGAGEMENTS DE RETRAITE DU GROUPE.....	61
3.1	Objectifs du changement de méthode.....	61
3.1.1	Uniformiser les méthodologies de calcul de la VaR pour tous les risques jugés matériels de la Banque	61
3.1.2	Répondre à certaines des limites identifiées dans le modèle existant	61
3.2	Présentation de la méthodologie du nouveau modèle	63
3.2.1	Données d'entrée du modèle	63
3.2.2	Calculs effectués par le modèle.....	72
3.2.3	Résultats donnés par le modèle	89
3.3	Présentation des résultats au 31 décembre 2019	91
3.3.1	Périmètre des engagements et actifs de couverture couvert par le nouveau modèle de calcul	91
3.3.2	Résultats du nouveau modèle de calcul du risque retraite au 31 décembre 2019.....	92
3.3.3	Scénario économique donnant le montant de VaR.....	94
3.4	Analyse des écarts entre le modèle actuel et le nouveau modèle	95
3.4.1	Principaux facteurs d'écart.....	95
3.4.2	Analyse chiffrée des écarts au 31 décembre 2019.....	96
3.5	Limites du nouveau modèle et améliorations envisagées.....	97
3.5.1	Limites en termes de qualité des données	97
3.5.2	Limites en termes d'hypothèses utilisées	98
3.5.3	Limites en termes de méthodologie.....	99
	CONCLUSION	101
	BIBLIOGRAPHIE.....	103
	ACRONYMES ET ANGLICISMES	104
	ANNEXES.....	105

INTRODUCTION

La création du comité de Bâle en 1988 marque le début d'une réglementation visant à s'assurer de la solvabilité des établissements bancaires. Suite à une période de déréglementation importante, l'objectif est de vérifier que les banques mettent en place des fonds propres en ligne avec leur profil de risque afin de garantir une certaine stabilité financière. A cette fin, sont mises en place des formules fermées de calcul du besoin en fonds propres en fonction des risques des établissements. Ces formules générales sont affinées au fil du temps.

Dans un second temps, à cette mesure réglementaire est associée une mesure interne de calcul du besoin en fonds propres tenant compte des spécificités propres à chaque établissement bancaire. En particulier, il est demandé aux institutions financières de mettre en place un processus d'évaluation de l'adéquation du capital interne (« ICAAP » pour « Internal Capital Adequacy Assessment Process ») afin d'identifier, mesurer et surveiller leurs risques le plus précisément possible et, ainsi, de déterminer le montant de capital interne nécessaire pour faire face à ces risques. Ce processus (ICAAP) est un processus interne et doit être adapté au modèle d'activité, à la taille, aux anticipations de marché et aux risques de l'établissement. De nouveaux risques, non mesurés dans le calcul réglementaire, sont ainsi identifiés et de nouveaux modèles, internes et non plus réglementaires, sont mis en place.

Parmi les risques non mesurés d'un point de vue réglementaire mais identifiés comme matériels à l'échelle du Groupe BNP Paribas, se trouve le risque lié aux engagements de retraite à prestations définies. Les plans de retraite à prestations définies sont des plans dans lesquels l'employeur s'engage à payer, dans le futur et le plus souvent au moment du départ en retraite, une prestation définie contractuellement à un collaborateur au titre des services rendus par ce collaborateur à l'entreprise. Comptablement, ces plans à prestations définies sont encadrés par la norme IAS 19 (« International Accounting Standard ») révisée en 2011. S'agissant d'une prestation dont le montant n'est pas connu aujourd'hui et qui dépend d'un certain nombre de paramètres économiques, financiers et démographiques, celle-ci fait l'objet d'une provision évaluée annuellement sur la base d'hypothèses actuarielles choisies par le Groupe et ses différentes entités dans le respect des directives normatives. Les prestations à payer dans le futur peuvent être partiellement ou totalement couvertes par des actifs financiers dédiés investis sur les marchés dans des produits plus ou moins risqués.

Ainsi, les régimes de retraite à prestations définies sont source de risque d'un point de vue de la solvabilité du fait des règles comptables applicables entraînant une certaine volatilité du bilan et des fonds propres. En effet, la norme prévoit que les écarts d'évaluation entre deux exercices comptables liés aux hypothèses actuarielles utilisées, les écarts dits d'expérience entre les prestations évaluées et les prestations effectivement versées ainsi que les écarts entre les rendements réels des actifs de couverture et les rendements normatifs sont comptabilisés en capitaux propres non recyclables pour certaines catégories d'engagements.

Dans ce contexte, l'objet de ce mémoire est de présenter l'intégration d'une mesure du risque lié aux engagements de retraite dans le cadre de l'ICAAP du Groupe BNP Paribas. Quelle approche de modélisation retenir ? Comment déterminer les paramètres à prendre en compte ? Comment calibrer les différentes hypothèses sur lesquelles s'appuie la modélisation ? Quelles données retenir à cette fin ? Comment assurer une cohérence d'ensemble avec les approches développées au sein du Groupe pour des typologies de risques parfois très différentes ? Comment s'assurer de la validité de l'approche retenue ?

La mesure de risque choisie au niveau du Groupe pour tous les risques matériels est la Value-at-Risk (« VaR ») à horizon un an et avec un niveau de confiance de 99,90%. Cette mesure s'est, par conséquent, imposée au risque lié aux plans de retraite par souci de cohérence. Tenant compte de cette mesure de risque, l'approche méthodologique choisie pour mesurer le risque retraite a, cependant, évolué au fil du temps. Nous avons souhaité, dans ce mémoire, suivre cette évolution qui conduit à présenter les deux modèles successivement mis en place.

Ainsi, dans une première partie, l'évolution du contexte réglementaire visant à assurer une meilleure stabilité du système financier sera tout d'abord présentée. Dans ce cadre, le processus mis en place chez BNP Paribas afin de se conformer à cette réglementation sera ensuite décrit. Les règles de comptabilisation spécifiques applicables aux plans de retraite à prestations définies seront enfin présentées pour expliquer quels sont les risques à prendre en compte dans la modélisation.

Dans une seconde partie, nous décrirons et analyserons la méthode paramétrique choisie en 2015 lors de la mise en place du premier modèle de calcul interne du besoin en capital au titre du risque retraite. Cette méthode repose sur la décomposition des engagements de retraite et de leurs actifs de couverture en différents facteurs de risque dont on suppose qu'ils suivent des lois normales, caractérisées par un rendement et une volatilité. Les corrélations entre les différents facteurs de risque sont prises en compte au travers d'une matrice de variance-covariance. Ces facteurs de risque sont regroupés en différentes catégories de risque permettant une meilleure compréhension du montant de VaR obtenu. La présentation des limites de ce premier modèle nous permettra d'introduire les raisons du choix fait par le Groupe de faire évoluer cette première approche. L'objectif est double : rendre la mesure de risque plus rationnelle et opérationnellement plus fiable et homogénéiser la méthodologie utilisée pour le risque retraite avec celles suivies pour d'autres risques, comme le risque de crédit par exemple, par souci de cohérence et pour pouvoir agréger ces risques et faire ressortir l'impact de la diversification.

En troisième partie, nous présenterons donc le nouveau modèle de VaR stochastique que nous avons développé en 2020. Nous verrons que, dans le cadre de ce nouveau modèle, nous nous sommes appuyés sur des travaux menés par ailleurs dans la Banque visant à construire un nouveau Générateur de Scenarios Economiques (« GSE ») calibré en interne et utilisé pour définir les scénarios à utiliser dans les modèles de calcul du besoin en capital au titre d'autres risques significatifs comme le risque de crédit. Nous évoquerons les choix de modélisation qui ont été faits, en particulier pour certaines hypothèses qui ont fait l'objet de modèles simplifiés afin de les rendre plus lisibles et de respecter des délais de mise en production assez contraints. Nous présenterons les avantages de cette nouvelle approche et finirons par une analyse critique permettant de mettre en évidence les principales limites et de proposer certaines pistes d'amélioration visant à rendre le nouveau modèle plus robuste.

1 L'ICAAP CHEZ BNP PARIBAS ET LA PRISE EN COMPTE DU RISQUE RETRAITE COMME RISQUE MATERIEL

1.1 L'ICAAP, une exigence réglementaire dans le cadre du pilier 2 de Bâle 3 pour les établissements bancaires

1.1.1 Contexte réglementaire

Dans le secteur bancaire, l'insuffisance ou la mauvaise qualité des fonds propres peut fortement accentuer l'ampleur et la gravité des chocs financiers.

Bâle I :

Ainsi, en 1988, le comité de Bâle, en charge de coordonner l'efficacité du contrôle prudentiel et la coopération entre les principaux régulateurs bancaires internationaux, instaure le ratio Cooke afin d'encadrer les conglomérats bancaires internationaux qui se sont formés après une période de déréglementation financière importante. Cette contrainte réglementaire en fonds propres impose aux banques un minimum de 8% de fonds propres par rapport aux crédits accordés par l'établissement.

Bâle II :

Dans un second temps, avec les nouvelles recommandations dites de Bâle II à partir de 2004, l'approche des risques évolue et le comité de Bâle introduit la notion de risque opérationnel. Le ratio Cooke est remplacé par le ratio McDonough. Le niveau minimal reste à 8% mais la base d'application de ces 8% est élargie et comprend, en plus des risques de crédit, les risques de marché et les risques opérationnels. De plus, le calcul des risques de crédit est affiné en prenant en compte, non plus l'encours, mais l'encours pondéré qui intègre le risque de défaut de la contrepartie et le taux de pertes en cas de défaut.

Bâle II introduit également la notion de fonds propres « durs » ou de base (comme, entre autres, les actions ordinaires, les certificats d'investissement ou les intérêts minoritaires). Dans le cadre du pilier 2 de Bâle II, il est également demandé aux banques d'organiser la surveillance interne de leurs risques et d'évaluer la qualité de leurs actifs.

Bâle III :

En 2010, le comité de Bâle adopte une nouvelle réforme dite Bâle III. L'objectif de cette réforme est de renforcer la sécurité et la solidité du système bancaire via notamment le renforcement du niveau et de la qualité des fonds propres, d'une part, et une gestion plus stricte des risques de liquidité, d'autre part.

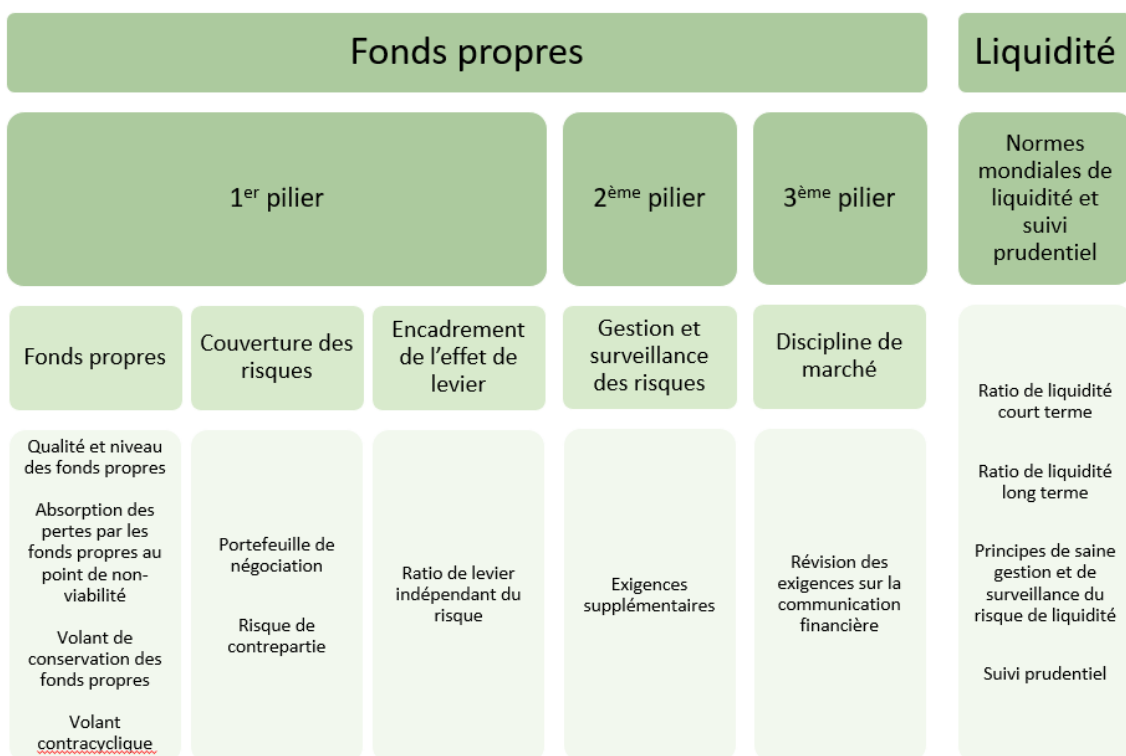


Figure 1 : les réformes de Bâle III (source : B3 summary table www.bis.org)

Niveau et qualité des fonds propres :

Bâle III renforce les dispositions prises dans le cadre des 3 piliers de Bâle II.

Dans le cadre du premier pilier relatif au niveau des fonds propres :

- Le Groupe est tenu de respecter un niveau minimum de fonds propres de base de catégorie 1 (CET1) de 4,5%, un ratio minimum de fonds propres de catégorie 1 (Tier 1) de 6% et un ratio minimum de fonds propres totaux de 8%.
- En complément des exigences minimales de fonds propres au titre du pilier 1, BNP Paribas est soumis progressivement depuis le 1^{er} janvier 2016 à des obligations de fonds propres CET1 supplémentaires dénommés « coussins » :

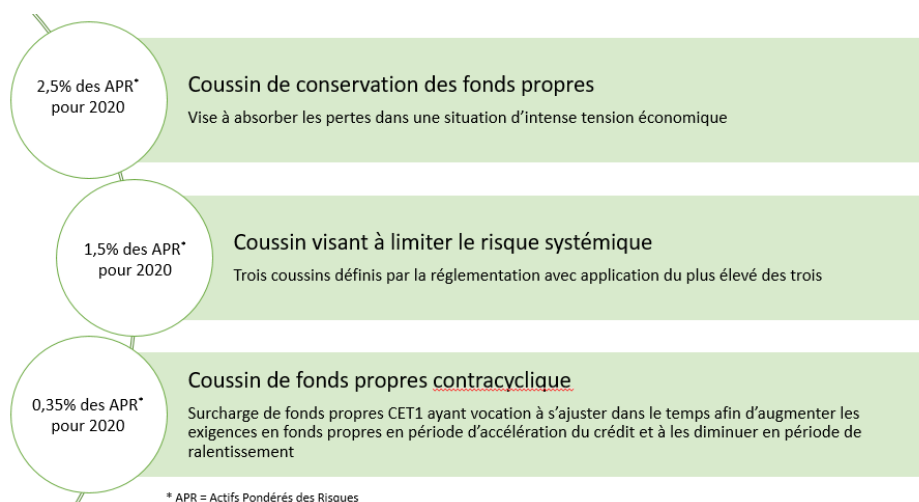


Figure 2 : Coussins Pilier 1 pour BNP Paribas

- La réglementation de Bâle III introduit également le ratio de levier dont l'objectif principal est de servir de mesure complémentaire aux exigences de fonds propres fondées sur les risques. Il est calculé comme le rapport entre les fonds propres Tier 1 et une mesure d'exposition calculée à partir des engagements de bilan et de hors-bilan évalués selon une approche prudentielle. A partir du 28 juin 2021, les établissements bancaires seront soumis à une exigence minimale de ratio de levier de 3 %.

Dans le cadre du pilier 2 relatif à la gestion et à la surveillance des risques, la réforme porte sur, d'une part, la gouvernance et de la gestion des risques qui doivent être définies centralement au niveau de l'établissement, et, d'autre part, sur la mise en place d'exigences supplémentaires en termes de gestion de la concentration des risques.

Enfin, dans le cadre du pilier 3 relatif à la discipline de marché, les exigences de communication financière sont revues avec plus de détails demandés sur les différentes composantes des fonds propres réglementaires et le mode de calcul des ratios de fonds propres.

Gestion des risques de liquidité :

Bâle III introduit des normes de liquidité et de suivi prudentiel, notamment :

- Un ratio de liquidité à court terme (« LCR » ou Liquidity Coverage Ratio) pour pouvoir résister à une pénurie de financement de 30 jours ;
- Un ratio de liquidité à long terme (« NSFR » ou Net Stable Funding Ratio) qui incite les banques à recourir à des sources de financement stables ;
- Un rapport intitulé « Principe de saine gestion et de surveillance du risque de liquidité » publié en 2008 par le comité tirant les enseignements de la crise ;
- Un suivi prudentiel : le dispositif de liquidité comprend un ensemble d'indicateurs universels conçus pour aider les autorités de contrôle à identifier et analyser les tendances affichées par le risque de liquidité au niveau de l'établissement et au niveau du système bancaire tout entier.

1.1.2 Focus sur les exigences du pilier 2

Le cadre réglementaire donné par Bâle III est ainsi destiné à garantir un niveau de fonds propres liés au profil de risque des établissements bancaires. Dans ce cadre, l'objectif du pilier 2 est d'indiquer aux instances nationales de régulation la manière de surveiller efficacement le respect des principes de Bâle.

Ces instances doivent juger l'adéquation du besoin en capital que définissent les banques avec leur profil de risque. Pour cela, elles doivent non seulement vérifier les aspects quantitatifs mais également les processus de contrôle interne et de gestion des risques.

Ce deuxième pilier est fondé sur quatre principes :

- L'appréciation par les banques des fonds propres qui leur sont nécessaires ;
- La révision prudentielle de ce calcul et la comparaison entre capital réglementaire et capital économique ;

- La possibilité, pour les autorités de contrôle, d'imposer des fonds propres supérieurs au minimum réglementaire en fonction du profil de risque de chaque banque ;
- L'intervention des autorités de contrôle, en cas de besoin.

Le niveau de pilier 2 exigé de chaque établissement important est fixé sur la base de l'analyse des risques portés par l'établissement (en anglais « SREP » pour Supervisory Review and Evaluation Process).

Dans ce cadre, L'ICAAP (Internal Capital Adequacy Assessment Process) est le processus prospectif interne par lequel les établissements évaluent l'adéquation de leurs fonds propres avec leurs mesures des niveaux de risque générés par leurs activités usuelles. L'ICAAP alimente le SREP annuel.

L'ICAAP au sein du Groupe BNP Paribas s'articule autour de deux axes principaux : la vérification de l'adéquation des capitaux propres aux risques et la planification des besoins en capital.

La vérification de l'adéquation des capitaux propres aux risques s'effectue selon une double perspective:

- La perspective réglementaire, telle que décrite dans la CRR (« Capital Requirement Directive », règlement européen) et la CRD 4 (« Capital Requirements Directive », directive européenne), selon laquelle l'ensemble des risques du Pilier 1 doit répondre aux exigences de couverture par des capitaux propres réglementaires ;
- La perspective interne, construite autour d'une revue exhaustive des risques de Pilier 1 spécifiés par la réglementation de Bâle, ainsi que des risques de Pilier 2, tels que définis dans le dispositif d'appétit pour le risque retenu par le Groupe et identifiés comme matériels dans le cadre du dispositif du Groupe d'inventaire des risques. Dans cette perspective, les risques de Pilier 1 et de Pilier 2 bénéficient d'approches quantitatives internes, complétées le cas échéant d'approches qualitatives et de cadres de suivi dédiés.

Sept principes à suivre pour la mise en place d'un ICAAP ont été décrits dans le guide de la Banque Centrale Européenne (BCE) relatif au processus interne d'évaluation de l'adéquation du capital publié en novembre 2018 ; ils sont succinctement repris ci-après.

1. L'organe de direction est responsable de la saine gouvernance de l'ICAAP

La direction doit notamment **valider** le cadre de la **gouvernance**, la **documentation**, le **périmètre** couvert, les principaux **risques retenus** et les **hypothèses** et **méthodologies** de calcul.

La direction doit **être en capacité de débattre et de remettre en question l'ICAAP**.

L'ICAAP doit faire l'objet de **contrôles internes réguliers** sur les aspects qualitatifs, quantitatifs, sur l'utilisation des résultats ainsi que sur le dispositif des tests de résistance.

2. L'ICAAP fait partie intégrante du cadre de gestion global

L'ICAAP doit être **intégré aux activités, à la prise de décisions et aux processus de gestion des risques** de la Banque.

L'ICAAP est un **processus permanent** dont les résultats doivent être présentés en comité de direction régulièrement afin que celui-ci puisse prendre les **décisions stratégiques en tenant compte des résultats du modèle**.

L'ICAAP est un processus Groupe qui **s'impose aux différentes entités**. Il doit pouvoir être décliné à différents niveaux de consolidation et pour toutes les entités significatives.

Les ICAAP par sous-groupe ou sur certaines entités **doivent être cohérents avec l'ICAAP Groupe** même si certaines approches divergentes sont acceptables afin de s'adapter aux profils de risques spécifiques.

3. L'ICAAP apporte une contribution essentielle à la continuité d'activités

L'objectif de l'ICAAP est de **contribuer à la continuité d'exploitation du point de vue des fonds propres**, en faisant en sorte que le Groupe dispose d'un niveau de fonds propres suffisant pour couvrir ses risques, absorber les pertes et suivre une stratégie durable.

L'ICAAP doit donc intégrer **deux approches internes complémentaires** :

- Une **approche normative** pour satisfaire l'ensemble des exigences réglementaires et prudentielles, et;
- Une **approche économique** permettant de recenser tous les risques matériels pouvant occasionner des pertes.

4. Tous les risques matériels sont recensés et pris en compte dans l'ICAAP

Les établissements doivent mettre en place un **processus périodique** (et au moins annuel) de **recensement des risques significatifs** propres au Groupe.

Lors de l'inventaire, la BCE attend de l'établissement qu'il **définisse sa propre taxonomie interne des risques** et non la taxonomie réglementaire

5. Le capital interne doit être de haute qualité et clairement défini

La **fonction du capital interne** est de **couvrir les risques dans le cadre de l'approche économique**. Sa définition au niveau du Groupe doit donc être **conforme à la notion d'adéquation du capital économique** et doit **tenir compte des considérations sur la valeur économique** des actifs et passifs.

Le Groupe peut, au choix, utiliser une **approche purement interne ou prendre pour point de départ le niveau de fonds propres réglementaires**. Sa seule obligation est de faire preuve de **transparence** afin de permettre un rapprochement entre les fonds propres définis selon l'approche normative et le capital interne disponible défini selon l'approche économique.

6. Les méthodologies de quantification des risques doivent faire l'objet d'une validation indépendante

Le Groupe doit mettre en place des **méthodologies de quantification des risques adaptées à ses spécificités** : appétence aux risques, anticipations des marchés, modèle d'activité, profil de risque, taille et complexité.

Les méthodologies et hypothèses utilisées doivent être **stables, sensibles au risque et suffisamment prudentes** pour quantifier des pertes liées à des événements rares.

La cohérence du résultat global repose également sur une **correcte quantification des effets de la diversification des risques**. L'approche adoptée par le Groupe bancaire se doit d'être prudente et totalement transparente.

7. L'organisation régulière de tests de résistance vise à garantir l'adéquation des fonds propres dans des circonstances défavorables

Il est attendu des établissements bancaires qu'ils mettent en place des **tests de résistance** permettant d'évaluer **l'incidence de scénarios macroéconomiques et financiers particulièrement défavorables** sur les ratios de fonds propres.

Les **scénarios choisis doivent refléter les risques propres** à l'établissement et inclure les nouvelles menaces et évolutions de l'environnement bancaire.

Le **niveau de sévérité des tests de résistance** se doit d'être **suffisamment exceptionnel** pour générer un impact significatif sur les fonds propres **tout en restant plausible**.

Figure 3 : Les sept principes de la BCE à suivre pour la mise en place d'un ICAAP

1.1.3 La mise en place de l'ICAAP chez BNP Paribas

1.1.3.1 Cadre général de l'ICAAP au sein du Groupe

En conformité avec la réglementation, le Groupe a donc mis en place un processus interne d'évaluation du besoin en capital (ICAAP) reposant sur une approche et des méthodologies propres à BNP Paribas. L'objectif de ce processus est de vérifier que le Groupe dispose de suffisamment de capital pour faire face aux risques considérés comme significatifs compte tenu de la stratégie du Groupe et de son appétence au risque.

Plus précisément, comme le demande la réglementation, l'exercice ICAAP est mené dans le but de s'assurer que le Groupe BNP Paribas :

- Développe des méthodologies de calcul de besoin en capital interne pertinentes, robustes et cohérentes afin que le capital interne couvre les risques matériels générés par ses activités bancaires ;
- Agrège les différents risques afin de donner une vision globale du risque en prenant en compte avec prudence les effets de diversification ;
- A défini de façon claire la notion de capital disponible et a évalué quelle était la contrainte mordante entre le besoin de capital interne et le besoin de capital réglementaire ;
- S'assure de la bonne diffusion au sein du Groupe des risques et besoins en capital à l'aide d'indicateurs appropriés utilisés pour l'allocation du capital entre les différentes activités ;
- Adopte une vision prospective permettant de prévoir les futurs besoins en capital compte tenu de l'environnement économique du Groupe et de sa stratégie ;
- Puisse conclure quant à la bonne adéquation du capital disponible compte tenu de l'évaluation du besoin en capital réalisée périodiquement ;
- S'assure de la cohérence et de l'intégration de l'ICAAP avec d'autres processus stratégiques tels que les processus d'identification des risques, d'appétence au risque ou de budget.

L'ICAAP au sein du Groupe BNP Paribas est coordonné par la Direction Financière Groupe qui est responsable globalement de la surveillance et du pilotage des ratios de solvabilité, et en ce qui concerne spécifiquement l'ICAAP, de l'architecture globale du dispositif, de la coordination du processus, et de l'agrégation des montants de besoin de capital interne sur les différents risques. Le département des Risques Groupe travaille en lien avec la Direction Financière et assume la responsabilité du calcul de besoin en capital interne et réglementaire pour un certain nombre de risques. Cela est en ligne avec la réglementation qui exige que l'ICAAP soit réalisé en cohérence avec la stratégie du Groupe et les décisions managériales.

Le processus de l'ICAAP repose également sur les équipes ALM (Asset & Liability Management, ou Gestion Actif-Passif) et les différentes lignes de métier considérées comme contributeurs clés (l'équipe Ressources Humaines Groupe Compensation & Benefits (RHG C&B), par exemple, pour la contribution au risque lié aux engagements de retraite).

1.1.3.2 Gouvernance

Depuis 2016, le processus ICAAP est régi par un comité ICAAP présidé par le directeur financier du Groupe. Différentes responsabilités incombent à ce comité :

- Revoir les orientations stratégiques de l'ICAAP pour le Groupe
- Diriger le processus ICAAP et la production du rapport ICAAP
- Revoir et valider les méthodes d'évaluation pour chaque type de risque
- Revoir la stratégie du Groupe concernant les cadres applicables aux entités locales
- Définir la contrainte mordante entre le besoin en capital réglementaire et le besoin en capital interne
- Valider le rapport ICAAP avant sa soumission au comité financier en charge de valider les objectifs du Groupe en termes de ratios de solvabilité, de surveiller le respect de ces ratios et de proposer les actions correctrices, le cas échéant.

1.1.3.3 Périmètre d'application de l'ICAAP

Le périmètre d'application de l'ICAAP est le périmètre bancaire prudentiel tel que défini par le règlement européen n°575/2013 relatifs aux exigences de capital.

Le périmètre prudentiel n'est pas le même que le périmètre de consolidation comptable applicable dans le cadre des normes IFRS. Ses spécificités sont notamment les suivantes :

- Les compagnies d'assurance sont consolidées selon la méthode de la mise en équivalence. Elles ne sont donc pas prises en compte dans le calcul de l'ICAAP.
- Les entités non régulées des métiers de services immobiliers (BNP Paribas Real Estate) et de location longue durée de véhicule (Arval) consolidées selon la méthode de l'intégration globale dans le périmètre comptable sont mises en équivalence dans le périmètre prudentiel et sont donc exclues du périmètre de l'ICAAP.

1.1.3.4 Principes de base définis par BNP Paribas dans le cadre de l'ICAAP

La définition de Principes de base vise à relier l'objectif et les principales hypothèses du calcul du capital interne chez BNP Paribas.

L'objectif du capital interne disponible est de protéger la Banque contre des risques impactant le résultat ou les capitaux propres permanents dans une perspective de continuité d'exploitation. Ainsi, le Groupe BNP Paribas a choisi de mesurer la perte pouvant survenir à horizon 1 an avec un niveau de confiance de 99,90%. Ce choix répond à la volonté de capitaliser autant que possible sur les modèles et paramètres internes utilisés pour les calculs réglementaires puisque ces derniers font l'objet de développements et systèmes de contrôle rigoureux et sont profondément intégrés dans les processus clés du Groupe.

Ainsi, seuls les risques ayant un impact sur le résultat ou les capitaux permanents sont pris en compte; ces risques ayant été déterminés suivant le processus d'identification des risques mis en place par le Groupe à la fois pour les besoins de l'évaluation du besoin en capital mais également pour dans le cadre de la gestion des risques. On retrouve, par conséquent, la cohérence et l'imbrication voulue par le

régulateur d'évaluer le capital interne sur la base des risques propres au Groupe et en lien avec les orientations stratégiques du Groupe.

Dans le cadre de ces Principes de base, BNP Paribas considère les capitaux propres permanents comme étant le capital interne disponible qui vise à protéger la solvabilité long terme de la Banque dans une perspective de continuité d'exploitation.

Les capitaux permanents du Groupe sont constitués par le capital social, les résultats non distribués et le résultat net de l'exercice net des dividendes prévus. Par ailleurs, par mesure de prudence, des retraitements (tels que le retraitement des « goodwill » ou écarts d'acquisition) sont pris en compte dans la définition du capital interne.

1.2 L'identification des risques et de leur matérialité dans le cadre de l'ICAAP

BNP Paribas a développé une taxonomie générale des risques couvrant toutes les catégories et sous-catégories de risques auxquels le Groupe pourrait avoir à faire face. L'objectif de cette taxonomie des risques est d'obtenir un référentiel de toutes les catégories de risques auxquels le Groupe est exposé et qui peuvent avoir un impact matériel sur les fonds propres compte tenu de son modèle économique, de ses activités internes et externes et de ses environnements. Cette taxonomie est revue régulièrement afin de prendre en compte les évolutions stratégiques du groupe ou les changements réglementaires.

Ainsi, les catégories de risques matériels identifiées pour le Groupe BNP Paribas et soumis à la mesure du besoin en capital interne sont regroupés en deux catégories : les risques Pilier 1, définis dans le cadre de la réglementation de Bâle et les risques Pilier 2, identifiés comme étant matériels pour le Groupe BNP Paribas suite au processus d'identification des risques.

Les risques dits « Pilier 1 » sont :

- Le risque de crédit incluant le risque de crédit classique et les risques de crédit plus spécifiques
- Le risque de marché incluant notamment le risque de liquidité
- Le risque opérationnel

Les risques Pilier 2 sont :

- Le risque de concentration sectorielle et géographique
- Le risque de taux d'intérêt sur le portefeuille bancaire
- Le risque d'exploitation
- Les risques émergents
- Le risque lié aux engagements de retraite (« risque retraite »)

1.2.1 Le risque de crédit

1.2.1.1 Risque de crédit classique

Le risque de crédit classique repose sur le défaut de l'emprunteur ou de la contrepartie. Il est lié à la probabilité que l'emprunteur ou la contrepartie ne remplisse pas ses obligations conformément aux conditions convenues. L'évaluation de cette probabilité de défaut et du taux de recouvrement du prêt ou de la créance en cas de défaut est un élément essentiel de l'évaluation de la qualité du crédit.

1.2.1.2 Risque de titrisation

Les opérations de titrisation sont des transactions dans lesquelles le risque de crédit inhérent à un ensemble d'expositions sous-jacentes est divisé en tranches. Les principales caractéristiques de ces opérations sont les suivantes :

- Les paiements effectués dans le cadre de l'opération dépendent des performances des expositions d'origine ;
- La subordination des tranches telle que définie par l'opération détermine la répartition des pertes pendant la durée du transfert de risques.

1.2.1.3 Risque de contrepartie sur instruments financiers

Le risque de contrepartie sur instruments financiers se réfère au risque que la contrepartie d'une opération de marché fasse défaut avant le règlement définitif de l'ensemble des flux de trésorerie liés à l'opération. Le montant de ce risque varie au cours du temps avec l'évolution des paramètres de marché affectant la valeur de la transaction.

1.2.2 Le risque de marché

Le risque de marché est le risque de subir une perte de valeur en raison d'une évolution défavorable des prix ou des paramètres de marché qu'elle soit directement observable ou non.

Le risque de marché se mesure à partir de la volatilité des paramètres de marché comme les taux d'intérêt, les indices boursiers ou les taux de change.

Parmi ces risques, on retrouve notamment :

- Le risque de concentration sur un marché : Ce risque est présent quand une forte exposition se retrouve soit sur un seul facteur de risque soit sur plusieurs facteurs de risque corrélés entre eux. Il se matérialise quand un mouvement de marché a des effets disproportionnés sur la valeur d'un portefeuille compte tenu de la concentration excessive de ce dernier.
- Le risque de liquidité qui est le risque que le temps nécessaire ou le prix d'une transaction augmente significativement du fait d'une désorganisation du marché de la liquidité.

1.2.3 Le risque opérationnel

Le risque opérationnel est le risque de pertes résultant de processus internes défectueux ou inadaptés (par exemple processus impliquant le personnel ou les systèmes informatiques) ou d'événements externes, y compris les événements de faible probabilité d'occurrence mais à risque de perte élevé (par exemple incendies, inondations, attentats, ...).

Les risques opérationnels englobent le risque de réputation, le risque de modélisation, le risque de mauvaise conduite, le risque de mauvaise communication et les risques légaux et de conformité.

Au sein du risque opérationnel, le Groupe BNP Paribas mesure plus spécifiquement le risque de réputation qui se définit comme le risque de perte de confiance des clients, contreparties, fournisseurs,

employés, actionnaires ou superviseurs envers la Banque engendrant une dégradation des revenus, une dégradation de la liquidité ou une augmentation du besoin de fonds propres.

1.2.4 Le risque de taux d'intérêt sur le portefeuille bancaire

Le risque de taux d'intérêt est le risque de voir les résultats du portefeuille bancaire affectés défavorablement par les mouvements des taux d'intérêt de référence. On appelle taux d'intérêt de référence :

- Les indices de taux ou toute combinaison de ces derniers dont la valeur dépend des activités du marché financier (par exemple, les taux Euribor ou EONIA) ;
- Les indices de taux utilisés pour la liquidation d'instruments financiers (indice d'inflation par exemple)

L'exposition au risque de taux d'intérêt est la « surface » du bilan exposée aux variations de taux : la position est nulle si tous les encours sont à taux fixe, ou elle est de 100% des actifs si tous sont à taux variable et si tous les passifs sont à taux fixe.

L'aléa relatif à l'incertitude des taux d'intérêt est mesuré par leur volatilité.

1.2.5 Le risque d'exploitation

Le risque d'exploitation est le risque d'une diminution du résultat opérationnel en raison d'une évolution de l'environnement économique ou commercial. Cette diminution est liée à la fois à une diminution des revenus d'exploitation mais également à un manque d'élasticité des coûts opérationnels face à la baisse des revenus.

Dans cette catégorie, est également inclus le risque stratégique qui résulte d'initiatives stratégiques, telles que des fusions, acquisitions, créations de nouveaux produits, développement sur de nouveaux marchés, ayant un impact négatif sur le résultat du Groupe.

Dans le cadre du pilier 2, il est admis que ce risque est essentiellement qualitatif par nature. Le Groupe BNP Paribas a, cependant, choisi de développer une approche interne afin d'évaluer quantitativement ce risque.

1.2.6 Les risques émergents

On appelle risques émergents pour l'établissement des risques nouveaux ou se transformant qui pourraient avoir un impact négatif sur les résultats futurs mais dont l'impact est difficile à prévoir ou à quantifier aujourd'hui.

Le Groupe BNP Paribas a mis en place un processus spécifique d'identification et de gestion des risques émergents via un Comité d'Anticipation des Risques dont la mission est de faire une veille proactive de ces risques et d'émettre des recommandations quant aux risques à suivre.

Parmi ces risques identifiés comme étant des risques émergents pour le Groupe, on retrouve :

- La transition énergétique dont le Groupe estime qu'elle pourrait avoir un impact important sur les activités bancaires et qu'il convient, par conséquent, d'anticiper, par exemple, en renforçant la gestion du risque carbone ou en développant les activités liées aux énergies renouvelables.

- La transformation digitale dont le Groupe estime qu'elle impacte et impactera un nombre important d'activités dans laquelle BNP Paribas intervient, notamment la banque de détail
- L'environnement de taux très bas qui génère principalement deux risques pour le Groupe :
 - o Une situation prolongée de taux bas peut accentuer certaines conséquences déjà observées : bulles spéculatives, recherche de rendement impliquant une prise de risque démesurée ou encore problématique de gestion actif / passif ;
 - o Un retournement brutal de l'environnement de taux bas pourrait avoir de sérieuses conséquences sur la valeur des actifs financiers et sur la qualité de crédit.
- La cybersécurité et le risque technologique : la capacité du Groupe à exercer ses activités est intrinsèquement lié à la fluidité des opérations électroniques ainsi qu'à la protection et à la sécurité de l'information et des actifs technologiques. Le risque pour la Banque est donc de s'assurer que ses données ne soient pas altérées, volées ou divulguées.

1.3 Focus sur le risque retraite : un risque considéré comme matériel pour BNP Paribas

1.3.1 Différents types d'avantages sociaux consentis aux collaborateurs

Les avantages consentis au personnel par le Groupe BNP Paribas comprennent les prestations servies au personnel et aux personnes à leur charge ; elles peuvent être réglées au moyen de paiements en numéraire ou par la fourniture de biens ou de services, effectués directement aux membres du personnel, à leurs conjoint, enfants ou autres personnes à charge ou encore à des tiers comme des entreprises d'assurance.

Les avantages bénéficiant au personnel sont classés en deux catégories :

- Les avantages à court terme et,
- Les avantages à long terme.

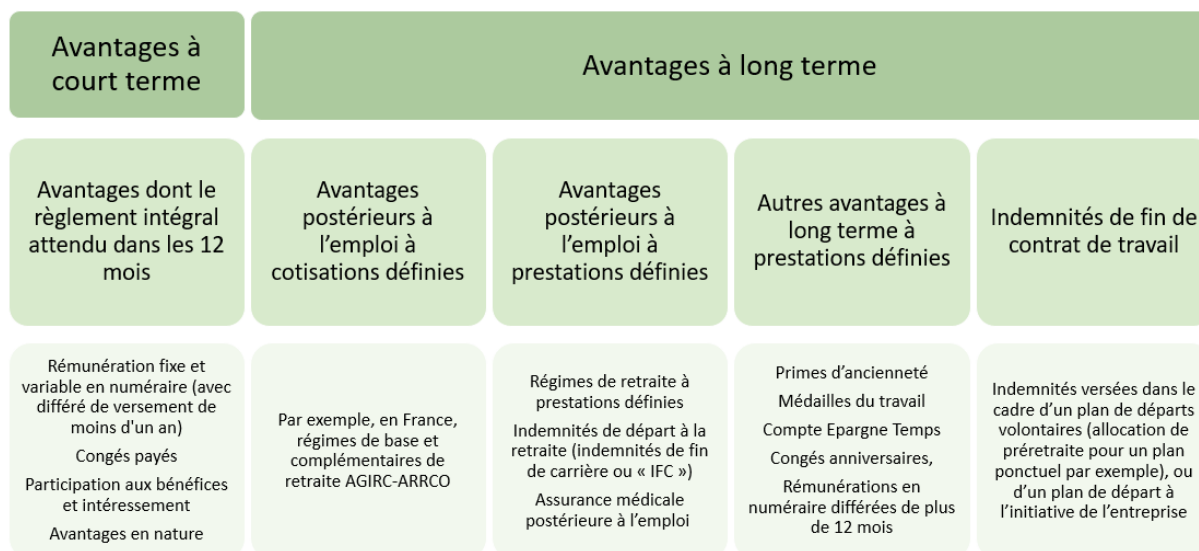


Figure 4 : les différents types d'avantages au personnel

En fonction de leur nature, les avantages consentis au personnel ont des règles de comptabilisation différentes.

D'une manière générale, l'entreprise doit comptabiliser :

- Une charge lorsqu'elle a utilisé l'avantage économique résultant des services rendus par les membres du personnel en contrepartie des avantages qui leur ont été consentis.

Par exemple, le salaire versé en contrepartie du mois de travail effectué par un salarié est comptabilisé en charges. La charge est la contrepartie des sommes déboursées par l'entreprise.

Les avantages court terme entrent dans ce schéma de comptabilisation.

- Un passif (provision) lorsqu'un membre du personnel a rendu des services en contrepartie des avantages qui lui sont consentis et qui lui seront versés à une date future.

Ainsi, les indemnités de fin de carrière qui ne seront versées qu'au départ du salarié en contrepartie des services rendus tout au long de la carrière font l'objet d'une provision calculée en fonction des services rendus. La dette est la contrepartie des droits acquis par le salarié dans la période et constatés en charges.

Les avantages postérieurs à l'emploi, les autres avantages à long terme et les indemnités de fin de contrat de travail entrent dans ce schéma de comptabilisation à l'exception des avantages à cotisations définies comme expliqué ci-après.

Distinction régimes à cotisations définies / régimes à prestations définies

Régimes à cotisations définies	Régimes à prestations définies
<ul style="list-style-type: none">• Ne sont pas représentatifs d'un engagement pour l'entreprise• Ne donnent lieu à aucune évaluation ni à aucune provision• Seul impact sur les comptes de l'entreprise : montant des cotisations appelées pendant l'exercice et passées en charges	<ul style="list-style-type: none">• Sont représentatifs d'un engagement à la charge de l'entreprise• Donnent lieu à évaluation et à provisionnement• L'employeur s'engage sur la performance financière ou garantit le niveau des prestations qu'il versera à ses salariés, le plus souvent en fonction du salaire et de l'ancienneté du salarié

Figure 5 : Distinction entre les régimes à cotisations définies et à prestations définies

L'analyse des caractéristiques du régime permettant de justifier la catégorie dans lequel ce dernier sera classé (cotisations définies ou prestations définies) s'appuie sur la substance économique du régime. Le facteur déterminant est de savoir si l'entreprise est tenue ou non, par les clauses d'une convention ou par les usages (obligation dite implicite), d'assurer les prestations de retraite promises aux employés.

En particulier, lorsque l'entreprise a souscrit un contrat auprès d'une société d'assurance, la catégorisation se fait en fonction des conditions du contrat d'assurance. En général, l'assureur ne s'engage qu'à faire fructifier les sommes qui lui sont confiées et n'a donc qu'une simple obligation de moyens. Dans ce cas, l'entreprise reste responsable du versement des prestations dues aux salariés en cas d'insuffisance de financement du fonds. Le régime concerné est donc classé en régime à prestations définies.

Dans de très rares cas où l'assureur prend totalement à sa charge le paiement des prestations, le régime peut être qualifié de régime à cotisations définies. En effet, dans ce cas, la seule obligation de l'employeur est de s'acquitter des cotisations périodiques auprès de l'assureur.

En résumé, un avantage postérieur à l'emploi est réputé ressortir d'un régime à prestations définies :

- Lorsque l'entreprise a l'obligation de payer les prestations convenues aux membres de son personnel lorsqu'ils seront retraités ou au moment de faire valoir leurs droits à la retraite et aux anciens membres de son personnel qui sont à la retraite; et
- Lorsque le risque actuariel et le risque de placement incombent en substance à l'entreprise. Ainsi, si les réalisations en matière de risque actuariel (évolutions démographiques par exemple) ou de placement (rendement des actifs de couverture) ne confirment pas les prévisions, l'obligation de l'entreprise peut s'en trouver majorée.

Ainsi, parmi la liste des avantages sociaux présentée en début de paragraphe, seuls les avantages sociaux suivants font l'objet d'une provision au bilan :

	Avantages dont le règlement intégral attendu dans les 12 mois	Avantages postérieurs à l'emploi à cotisations définies	Avantages postérieurs à l'emploi à prestations définies	Autres avantages à long terme à prestations définies	Indemnités de fin de contrat de travail
Provision au bilan	✗	✗	✓	✓	✓

Figure 6 : Nature de avantages sociaux faisant l'objet d'une provision

Ces trois catégories d'avantages sociaux font l'objet d'un traitement comptable différencié selon les normes comptables internationales (IFRS pour « International Financial Reporting Standards » – norme IAS 19R pour « International Accounting Standards 19 Revised »). Ce traitement comptable sera explicité dans la section suivante afin de comprendre comment ces régimes d'avantages sociaux impactent les fonds propres du Groupe.

Les régimes à prestations définies peuvent être des régimes non financés ou des régimes intégralement ou partiellement financés par des cotisations de l'employeur et, le cas échéant, de l'employé lui-même. Ces cotisations sont alors versées sur un fonds juridiquement distinct de l'entreprise et sur lesquels sont prélevées les prestations servies au personnel. Le versement à échéance des prestations financées dépend alors des performances du fonds et de la capacité de l'entreprise à pallier une insuffisance éventuelle des actifs du fonds.

1.3.2 Comptabilisation des avantages sociaux (engagements et actifs de couverture) en IFRS (norme IAS19R)

Les normes comptables internationales (IAS) sont établies par l'IASB (International Accounting Standards Board) qui est un organisme à but non lucratif, créé par les organisations comptables de pays industrialisés. Il est né de la nécessité d'une harmonisation des règles comptables internationales afin de permettre une meilleure comparabilité et ainsi une meilleure efficacité économique.

La norme IAS 19 applicables aux avantages sociaux a été publiée par l'IASB en 1998 et adoptée par la commission européenne en 2003. Elle a ensuite été révisée en juin 2011. La norme IAS19R (IAS19 révisée) est d'application pour tous les exercices ouverts à compter du 1^{er} janvier 2013 suite à son adoption par la commission européenne en juin 2012.

A l'exception des paiements à base d'actions (soumis à la norme IFRS 2 car liés à la valeur de l'action de l'entreprise), tous les avantages accordés au personnel sont concernés, qu'ils soient accordés en vertu de régimes ou autres accords formalisés entre l'entreprise et des membres du personnel individuels, des groupes de salariés ou leurs représentants, de dispositions légales ou d'accords sectoriels aux termes desquels l'entreprise est tenue de cotiser à des régimes nationaux ou sectoriels.

Ainsi, entrent dans le champ d'application de la norme IAS19, tous les avantages au personnel présentés au paragraphe précédent. Le tableau ci-dessous résume les différentes méthodes de comptabilisation des avantages au personnel en fonction de leur nature :

	Compte de résultat	Bilan
Avantages dont le règlement intégral attendu dans les 12 mois	Comptabilisation des montants représentatifs de ces avantages en charge lorsque les services ont été rendus	NA
Avantages postérieurs à l'emploi à cotisations définies	Comptabilisation des cotisations en charge lorsque les services ont été rendus	NA
Avantages postérieurs à l'emploi à prestations définies	Reconnaissance de la charge ou du produit correspondant au coût du régime sur la période considérée	<u>Provision</u> : Valeur actualisée de l'obligation évaluée avec salaire de fin de carrière, nette de la juste valeur des actifs Capitaux propres : Reconnaissance des gains ou pertes actuariels générés sur la période
Autres avantages à long terme à prestations définies	Reconnaissance: 1- de la charge ou du produit correspondant au coût du régime sur la période considérée 2- des gains ou pertes actuariels générés sur la période	<u>Provision</u> : Valeur actualisée de l'obligation évaluée selon la méthode des unités de crédit projetées avec salaire de fin de carrière, nette de la juste valeur des actifs
Indemnités de fin de contrat de travail	Reconnaissance: 1- de la charge ou du produit correspondant au coût du régime sur la période considérée 2- des gains ou pertes actuariels générés sur la période	<u>Provision</u> : Valeur actualisée de l'obligation évaluée avec salaire de fin de carrière, nette de la juste valeur des actifs

Figure 7 : Aperçu des méthodes de comptabilisation des avantages au personnel

Comme le montre le tableau précédent et en conformité avec la norme IAS 19 révisée en juin 2011, seuls les avantages postérieurs à l'emploi à prestations définies et les indemnités de fin de carrière impactent les capitaux propres du Groupe via la comptabilisation des gains ou pertes actuarielles.

Ce sont, par conséquent, les seuls régimes pris en compte dans le calcul de l'ICAAP retraite.

Dans cette partie, les principaux éléments de valorisation de ces régimes seront présentés afin de comprendre la volatilité engendrée par ces régimes sur les capitaux propres de la Banque. Davantage de détails sur la méthode d'évaluation des avantages postérieurs à l'emploi à prestations définies sont disponibles en *Annexe 1*.

Au passif, l'engagement de l'entreprise correspond à la valeur actualisée des prestations futures dues par l'employeur aux bénéficiaires du régime au prorata de la part des services déjà rendus par l'employé à la date d'évaluation. L'évaluation de cet engagement, appelé DBO pour « Defined Benefit Obligation », repose sur un certain nombre d'hypothèses actuarielles clé :

- Des hypothèses démographiques relatives aux caractéristiques futures du personnel ancien et actuel (et des personnes à leur charge) qui portent sur des éléments tels que l'âge de départ en retraite, le taux de rotation du personnel (« turnover »), la table de mortalité et les options de sortie du plan (sortie en capital ou en rentes).
- Des hypothèses financières comme le taux d'actualisation, le taux d'inflation long-terme, le taux de revalorisation des salaires, des niveaux de prestation ou des rentes ou le taux de taxes payées sur les cotisations.

Chaque année, ces régimes à prestations définies sont réévalués sur la base de ces hypothèses et des données connues du plan (nombre de bénéficiaires, garanties, ...) mises à jour.

Des gains et pertes actuarielles sont alors comptabilisés sur la DBO du fait :

- De l'effet de la variation des hypothèses actuarielles : évolution du taux d'actualisation, du taux d'inflation, changement de table de mortalité ou du taux de turnover, par exemple ;
- Des changements liés à l'expérience : écarts entre les hypothèses actuarielles antérieures et ce qui s'est effectivement produit au cours de l'année (turnover réel constaté par rapport au turnover pris pour hypothèse par exemple) ;

A l'actif du bilan, sont comptabilisés les actifs venant couvrir tout ou partie des engagements de retraite.

Des gains et pertes actuarielles sont également comptabilisés sur les actifs de couverture du fait de l'écart entre le rendement normatif et le rendement réel des actifs. Le rendement normatif est calculé sur la base de la même hypothèse de taux actuariel que celle utilisée pour l'actualisation de la DBO.

Pour les plans de retraite à prestations définies et les IFC, ces gains et pertes actuariels sont comptabilisés directement en capitaux propres et ne sont pas recyclés en résultat net au cours d'une période ultérieure. Ainsi, la variation des hypothèses utilisées pour l'évaluation des plans de retraite peut générer une volatilité assez forte sur les capitaux propres du Groupe. C'est pourquoi il a été décidé d'inclure ce risque retraite dans le processus ICAAP du Groupe.

1.3.3 Le risque lié aux engagements de retraite : une combinaison de différents risques

Parmi les régimes postérieurs à l'emploi à prestations définies, les régimes d'assurance médicale postérieure à l'emploi ont été exclus du calcul de l'ICAAP du fait de leur moindre matérialité et de leurs caractéristiques propres. Dans la suite de ce paragraphe, nous ne considérons, par conséquent, que les plans de retraite à prestations définies et indemnités de fin de carrière.

Le risque retraite est une combinaison de différents risques :

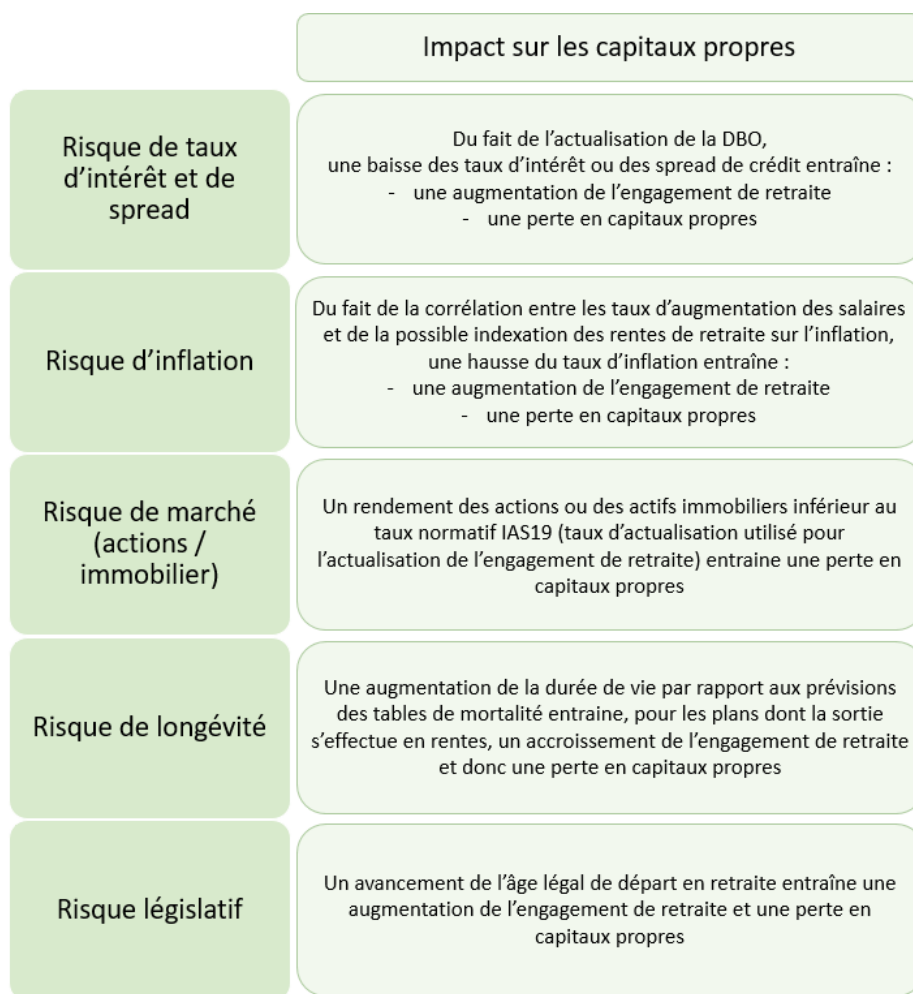


Figure 8 : les différents risques afférents aux engagements de retraite

Afin de limiter le risque lié à la volatilité des engagements liés aux régimes à prestations définies sur les capitaux propres, le Groupe BNP Paribas encourage depuis quelques années la conversion des plans à prestations définies en plans à cotisations définies dans les entités où cela est réglementairement et socialement possible.

Ainsi, dans certains pays et entités, les plans à prestations définies ont été fermés aux nouveaux entrants et les droits des membres de ces régimes ont été gelés. Les membres de ces régimes conservent uniquement leurs droits acquis, n'acquièrent plus de nouveaux droits et bénéficient, en contrepartie, de nouveaux régimes à cotisations définies à compter de la date de gel de leur ancien régime.

De plus, depuis 2011, le Groupe a mis en place une charte d'investissement s'appliquant aux actifs de couverture de ces régimes dont les objectifs sont de :

- Limiter la part d'actifs risqués en fonction de la maturité des engagements de chaque régime ;
- Suivre et gérer les risques financiers ;
- Contrôler les investissements réalisés localement via la mise en place d'un rapport régulier par les entités auprès du Groupe

Le but de cette charte est d'assurer une certaine prudence dans les investissements réalisés et de limiter la volatilité engendrée en limitant le niveau de risque global via :

- Une limitation des écarts de durée entre les engagements et les actifs de couverture ;
- La recherche d'un rendement des actifs de couverture au moins égal au taux d'actualisation des engagements, et ;
- La limitation ou l'interdiction de certains investissements jugés trop risqués par le Groupe
- Une règle de liquidité limitant à 20% le poids des actifs qui ne peuvent pas être liquidés dans un délai maximum d'un mois, dans des conditions normales de marché, hors cas particulier de type solution d'adossement ou externalisation du risque financier ;
- Une règle de congruence imposant que l'essentiel des actifs de couverture soient libellés dans la monnaie de référence du plan. Le risque de devises est limité à 20% de la valeur de marché des actifs de couverture ;
- Enfin, une règle de concentration : la part des actifs de couverture confiée à un prestataire ne pourra pas excéder 5% du fonds géré par ce prestataire.

Cette charte d'investissement ne se veut pas trop restrictive afin de pouvoir englober toutes les juridictions qui ont parfois des fonctionnements spécifiques mais insiste sur un principe fondamental : le niveau de risque doit être apprécié en fonction des caractéristiques de l'engagement de retraite ; les caractéristiques principales de ce point de vue étant :

- Sa durée : plus la durée d'un régime est importante, plus le niveau de risque des actifs de couverture peut l'être ;
- Son niveau de financement : plus un plan est financé, moins le niveau de risque des investissements doit l'être puisque des rendements plus faibles seront suffisants pour couvrir les engagements.

1.3.4 Les montants en jeu chez BNP Paribas

Les engagements de retraite sont consolidés au niveau du Groupe par notre équipe RHG C&B à l'issue d'un processus relativement long de collecte des données auprès des entités locales.

1.3.4.1 Processus de consolidation des engagements sociaux

Les engagements de retraite sont gérés et évalués par les équipes Ressources Humaines (RH) ou Finance des entités locales. Pour évaluer annuellement leurs engagements de retraite, les entités locales font appel à des cabinets d'actuaire indépendants.

Ces évaluations sont réalisées sur la base :

- D'hypothèses Groupe communiquées par l'équipe RHG C&B pour le taux d'actualisation des quatre principales zones monétaires (EUR, GBP, USD, CHF) et pour le taux d'inflation de la zone EUR
- D'hypothèses définies par les entités locales pour le taux d'augmentation des salaires, le taux de revalorisation des rentes, le turnover ou les tables de mortalité. Ces hypothèses sont considérées comme étant plus spécifiques et ne peuvent donc pas être décidées au niveau Groupe uniformément pour toutes les entités.

Les évaluations actuarielles comprennent un déroulé de la DBO et des actifs de couverture sur l'année.

Ce processus d'évaluation et de consolidation des engagements sociaux s'effectue en trois étapes qui se déroulent d'août à janvier.



Figure 9 : Processus BNP Paribas de clôture annuelle des engagements sociaux

Ce processus de clôture est assez complexe et s'étend sur une longue période. Les différentes phases d'analyse et de contrôle permettent de s'assurer que les données remontées sont en ligne avec les exigences de la norme IAS 19R et reflètent correctement les engagements des entités du Groupe vis-à-vis des bénéficiaires des régimes.

Ainsi, les données relatives aux engagements sociaux présentes dans les rapports actuariels peuvent être considérées comme fiables et complètes.

1.3.4.2 Les montants en jeu au 31 décembre 2019

Sont pris en compte dans le cadre de l'ICAAP, deux types d'avantages à prestations définies distincts :

- Les régimes de retraite à prestations définies, et ;
- Les indemnités de fin de carrière (IFC).

Au 31 décembre 2019, le montant des engagements à prestations définies (retraite et IFC) s'élevait à **9 438 M€** couverts par des actifs pour un montant **8 656 M€**, soit un taux de couverture moyen de **92%**.

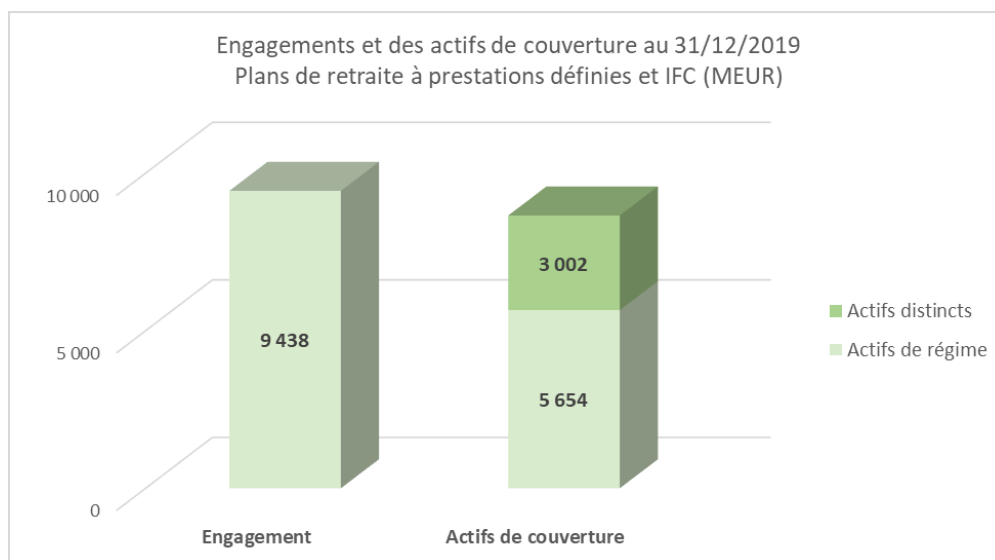


Figure 10 : Montants des engagements de retraite et actifs de couverture au 31/12/2019 chez BNP Paribas

Les actifs de couverture des plans à prestations définies sont divisés en deux catégories : les actifs de régime et les actifs distincts. A noter que cette catégorisation a un impact sur la comptabilisation des actifs au bilan mais n'influe pas sur la façon dont sont comptabilisés les écarts actuariels en capitaux propres. Aucune distinction ne sera faite entre ces deux catégories d'actifs lors du calcul du risque retraite dans le cadre de l'ICAAP.

Les actifs distincts regroupent deux types d'actifs :

- Les actifs détenus par une société liée du Groupe et,
- Les droits à remboursement : un actif est considéré comme un droit à remboursement quand il est pratiquement certain qu'un tiers va rembourser tout ou partie des dépenses à encourir pour régler les obligations au titre des prestations définies.

Au 31/12/2019, les actifs distincts sont principalement cantonnés dans le bilan des filiales et participations d'assurance du Groupe (notamment AG Insurance en Belgique dans laquelle le Groupe possède une participation de 25%) en couverture des engagements d'autres entités du Groupe qui leur ont été transférés pour couvrir les avantages postérieurs à l'emploi de certaines catégories de collaborateurs.

Les engagements à prestations définies du Groupe BNP Paribas sont principalement en Belgique, au Royaume-Uni, en France, en Suisse et aux Etats-Unis. On peut voir sur le graphe ci-dessous qu'environ 90% des engagements sont de durée supérieure à 8 ans avec une proportion qui reste matérielle au-delà de 15 ans (37%).

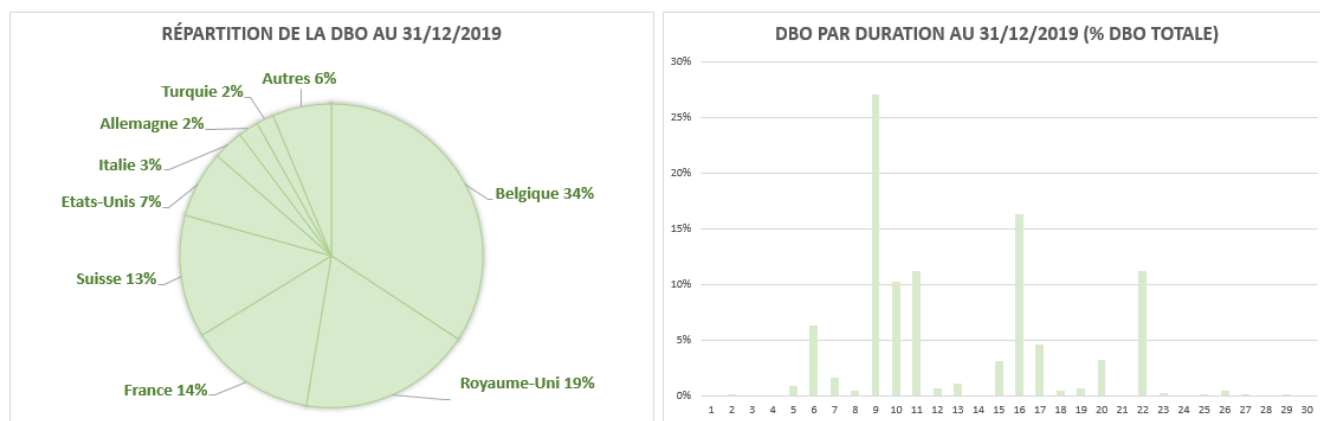


Figure 11 : Répartition de la DBO par pays et durée au 31/12/2019

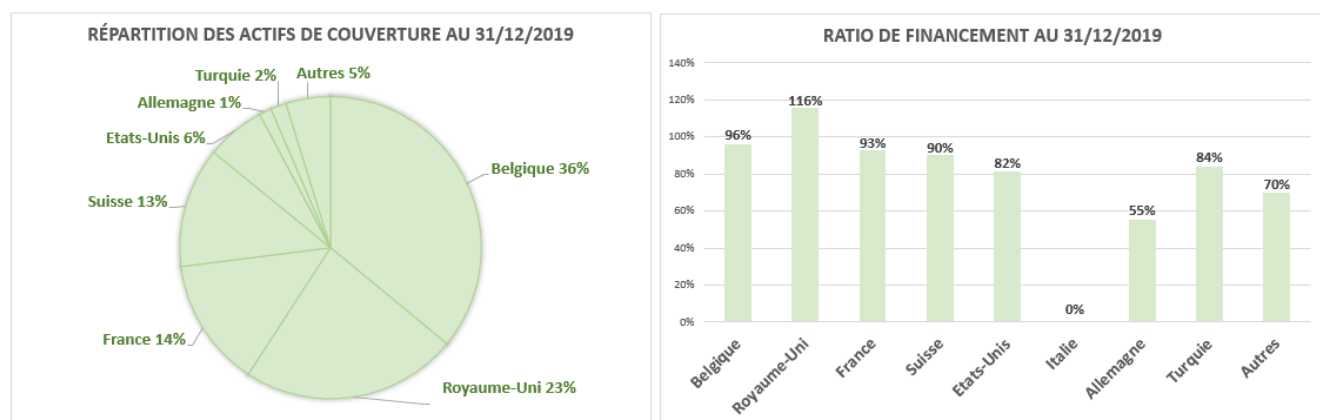


Figure 12 : Répartition des actifs de couverture par pays et ratio de financement au 31/12/2019

Comme indiqué plus haut, le risque inhérent aux engagements sociaux est en partie lié aux choix d'investissement faits pour les actifs de couverture puisque l'écart de rendement entre le rendement réel des actifs et le rendement normatif (correspondant au taux d'actualisation utilisé pour la valorisation de la DBO, soit le taux d'intérêt des obligations privées de très bonne qualité) est comptabilisé en capitaux propres. Il est donc important d'encadrer la proportion d'actifs dits de croissance.

Le graphique ci-dessous présente la proportion d'actifs défensifs vs d'actifs de croissance pour les principaux pays dans lesquels le Groupe a des engagements de retraite.

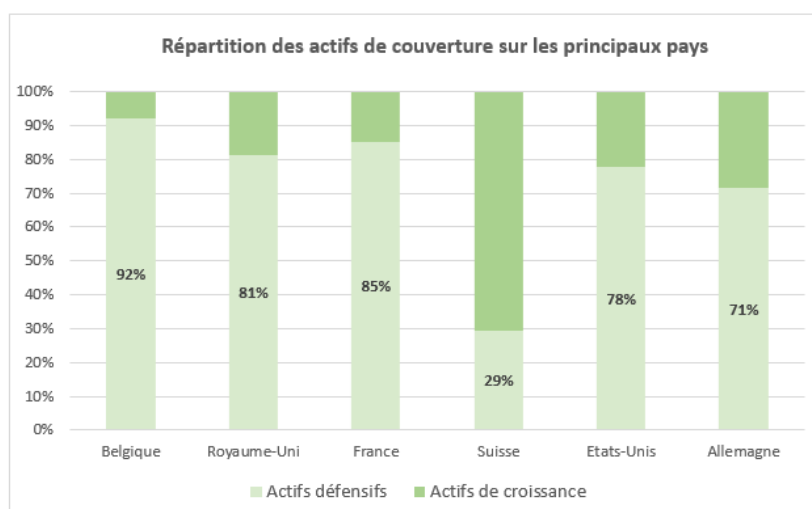


Figure 13 : Répartition des actifs de couverture sur les principaux pays

L'impact des avantages sociaux à prestations définies sur les capitaux propres est très volatile en fonction de l'évolution des différentes hypothèses utilisées dans la valorisation des engagements et de l'écart entre les données réelles et les hypothèses utilisées.

Ainsi, si sur l'exercice 2019, ces régimes postérieurs à l'emploi ont généré un mouvement en capitaux propres peu significatif (perte de 6 M€), l'impact des engagements de retraite sur les capitaux propres du Groupe est très variable : gain de 639 M€ sur l'exercice 2015, perte de 291 M€ sur l'exercice 2016.

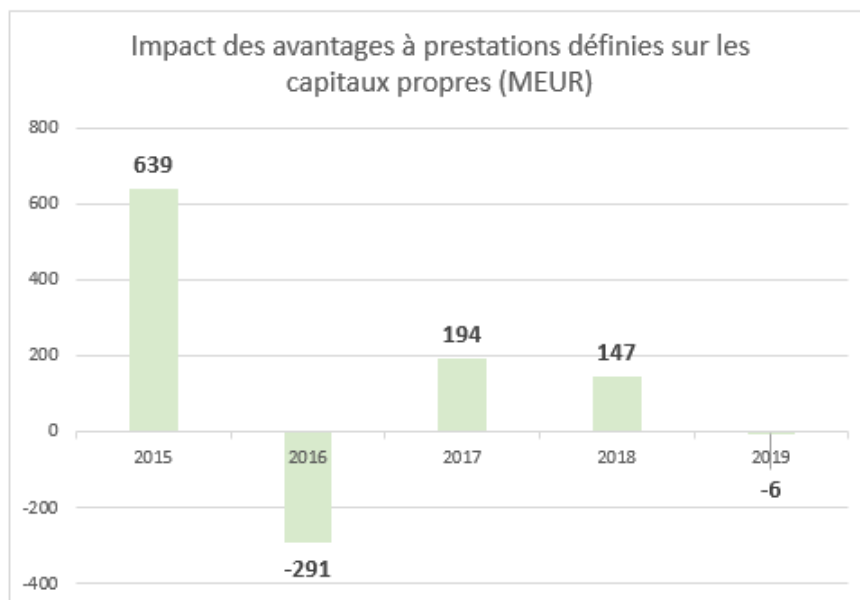


Figure 14 : Historique de l'impact des avantages à prestations définies sur les capitaux propres

En raison des montants significatifs des avantages sociaux post-emploi du Groupe et de la volatilité que le risque retraite peut engendrer sur les fonds propres du Groupe et donc sur le ratio de solvabilité CET1, ce risque a été identifié comme un risque matériel à prendre en compte dans le calcul du besoin en capital interne.

L'intégration du risque retraite dans le calcul de l'ICAAP Groupe date de fin 2015.

Il est important de noter toutefois que le besoin en capital interne au titre du risque retraite reste peu matériel par rapport à d'autres risques du Groupe, comme le risque de crédit par exemple. Au 31 décembre 2019, le besoin en capital interne au titre des engagements de retraite représentait 2,1% du besoin total en capital interne du Groupe BNP Paribas contre 64% pour le risque de crédit.

2 L'INTEGRATION DU RISQUE RETRAITE DANS L'ICAAP GROUPE

2.1 Généralités sur le type de modèle choisi par le Groupe : modèle de Value-at-Risk

Pour le calcul de son besoin en capital interne, BNP Paribas a fait le choix d'estimer son risque sur la base d'un modèle de Value-at-Risk (VaR).

2.1.1 Définition de la VaR

Une définition de la VaR est proposée par [Calvet A. L. \(2000\)](#) selon laquelle la VaR d'un portefeuille d'actifs financiers correspond au montant maximum des pertes sur un horizon de temps donné, si l'on exclut un ensemble d'évènements défavorables ayant une très faible probabilité de se produire.

Cette définition est complétée par [Berdin & Hyde \(2001\)](#) qui définissent la VaR comme étant la mesure qui fournit une estimation de la perte potentielle sur un actif ou un portefeuille qui peut survenir avec une probabilité donnée suite à des mouvements de prix ou de taux relativement adverses, sous l'hypothèse que pendant une période de temps (l'horizon de la VaR) la composition du portefeuille reste inchangée.

Ainsi, la VaR est un indicateur permettant de quantifier le risque global d'un portefeuille d'actifs et de passifs financiers. Elle correspond à un montant de pertes qui ne devrait être dépassé qu'avec une probabilité donnée sur un horizon temporel défini. La VaR à un niveau de confiance donnée est le quantile qui résout l'équation ([Danielsson & Zigrand, 2006](#)) :

$$\alpha = \int_{-\infty}^{-VaR} f(x)dx,$$

Où α représente le niveau de confiance.

Ainsi, pour $0 \leq \alpha \leq 1$, la VaR de niveau α associée à la variable aléatoire X est définie de la manière suivante :

$$VaR(X) = F_X^{-1}(\alpha),$$

Avec F_X^{-1} la fonction de répartition inverse de la variable aléatoire X .

Dans le cadre du risque retraite, la variable aléatoire X est la perte à horizon T égale à la différence entre la valeur de l'engagement net (engagements de retraite moins actifs de couverture) à l'horizon T et la valeur de l'engagement net au moment du calcul. La variable aléatoire X représente ainsi l'accroissement de la provision nette au titre des engagements de retraite.

Dans ce cadre, la VaR est calculée en considérant un portefeuille composé d'actifs (actifs de couverture) et de passifs (engagements de retraite donnés aux collaborateurs) dans lequel une valeur négative est donnée aux passifs.

Le graphique ci-dessous illustre de façon simplifiée cette notion :

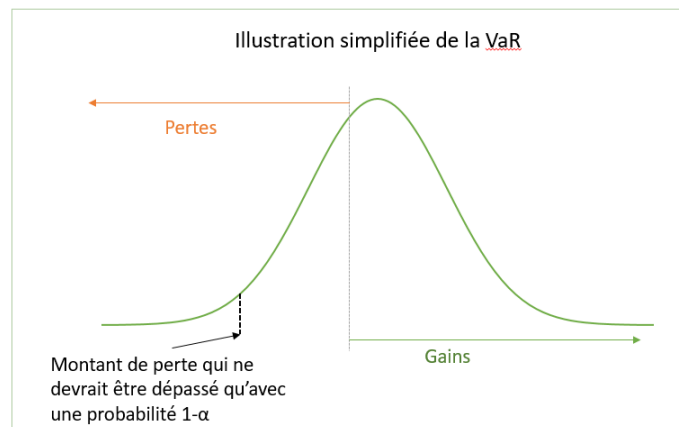


Figure 15 : Illustration simplifiée de la VaR

2.1.2 Avantages et limites de la VaR comme mesure de risque

L'utilisation de la VaR comme mesure de risque présente un certain nombre d'avantages mais se heurte également à certaines limites ([Lévy-Rueff G., 2005](#)).

Les avantages de la VaR comme mesure de risque sont les suivants :

- Il s'agit, tout d'abord, d'une mesure de risque standard qui s'est étendue au fil du temps à l'ensemble de la communauté financière, permettant ainsi une amélioration de la comparabilité entre acteurs et le développement de références communes en matière d'encadrement des risques. Étant standard, elle est utilisée comme outil de communication avec le marché pour mettre en valeur la capacité et la volonté des sociétés à gérer au mieux le risque.
- Il s'agit, également, d'une mesure de risque globale qui combine différents facteurs de risque et tient compte de leurs interactions, permettant ainsi de prendre en compte la diversification des portefeuilles. Elle a permis d'évoluer d'une logique d'indicateurs ponctuels du risque à une logique d'évaluation probabilisée du risque global.
- La VaR est un outil de gestion du risque à tous les niveaux. Au niveau d'un métier ou d'un département, elle est utilisée comme outil interne de suivi du risque et de mesure de la performance. Au niveau du management de l'entreprise, elle est utilisée par les directions générales pour prendre les orientations de gestion adéquates et allouer les fonds propres nécessaires en couverture des risques.
- Enfin, la VaR est un outil qui répond aux exigences réglementaires des autorités de tutelle qui préconisent le recours à des modèles internes de mesure de risque fondés sur cette mesure.

L'utilisation de la VaR comme mesure de risque comporte, cependant, un certain nombre de limites :

- La VaR est mal adaptée à la mesure des pertes au niveau des risques extrêmes. Tout d'abord, au-delà du seuil de confiance choisi, des portefeuilles avec une même VaR peuvent générer des pertes extrêmes très différentes sans que la VaR ne puisse fournir d'indication. D'autre part, la zone des valeurs extrêmes est celle où les hypothèses de calcul de la VaR sont les plus fragiles :

la stabilité des corrélations entre facteurs de risque n'est pas toujours vérifiée notamment au-delà du seuil de confiance.

- La VaR n'est pas une mesure de risque cohérente au sens de Artzner (1998) car elle ne vérifie pas la propriété de sous-additivité : mathématiquement, la VaR d'un portefeuille regroupant différents sous-portefeuilles peut, au même seuil de confiance, être supérieure à la somme de la VaR de chacun des portefeuilles pris individuellement pour certaines lois de distribution sous-jacentes particulières.
- Si la VaR est une mesure de risque standard sur les marchés financiers, la comparabilité des VaR de différentes institutions financières peut s'avérer compliquée en raison de la variété des méthodes de calcul et des différents paramétrages possibles pour une même méthode.
- Enfin, l'observation du passé est un déterminant essentiel des résultats des modèles de calcul de la VaR, ce qui peut limiter l'efficacité de cet indicateur lors des crises marquant une rupture avec le comportement historique des marchés.

Malgré les limites soulignées, le choix de cette mesure de risque reste justifié du fait de sa capacité à homogénéiser la mesure du risque et sa construction même qui permet de passer directement d'une situation risquée à un montant de capital permettant de faire face à cette situation à un seuil donné. Elle permet, ainsi, une certaine maîtrise du risque en donnant aux dirigeants une meilleure visibilité de leurs engagements à un horizon déterminé.

2.1.3 Paramètres de la VaR

La VaR d'un portefeuille est caractérisée par deux paramètres :

- Le niveau de confiance choisi (ou seuil de probabilité, α) qui est la probabilité que les pertes éventuelles du portefeuille ou de l'actif ne dépassent pas la Value-at-Risk.
- L'horizon temporel choisi : ce paramètre est très important car plus l'horizon est long plus les pertes peuvent être importantes. Par exemple, pour une distribution normale des rendements, la VaR à horizon T jours est \sqrt{T} fois plus importante que la VaR à un jour.

2.1.4 Méthodes d'évaluation de la VaR

Calculer la VaR revient à estimer la distribution de pertes (la perte étant égale, pour le risque retraite, à l'augmentation de la provision nette) sur un horizon T et un niveau de confiance α . Une fois la distribution de pertes estimée à l'horizon T, la VaR est donnée par le quantile au niveau de confiance α .

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer la VaR ; les trois plus courantes sont décrites ci-après ([Taillard G., 2006](#)).

2.1.4.1 La méthode historique

Cette méthode est la plus simple à mettre en œuvre.

Appelée également méthode du quantile empirique, elle repose sur la distribution empirique des données historiques. Une fois la distribution de pertes historiques reconstituée, la VaR est estimée simplement par la lecture directe du quantile empirique de cette distribution.

Ainsi, cette méthode ne nécessite pas d'hypothèses préalables sur les rendements en termes de distribution ou d'indépendance et nécessite peu de calculs et des techniques simples. Elle réplique aujourd'hui les fluctuations historiques observées.

De ce fait, elle souffre de certaines limites :

- Le choix de l'historique peut s'avérer complexe : il doit être, à la fois suffisamment grand comparée à l'horizon temporel T et au niveau de confiance α choisis, mais également limité pour que la loi de probabilité sous-jacente n'ait pas trop changé ;
- Elle renseigne essentiellement sur la VaR passée ;
- Elle n'est pas adaptée aux produits dérivés dont les prix ne sont pas directement disponibles sur le marché mais modélisés à partir de paramètres de marché.

2.1.4.2 La méthode Monte Carlo

La méthode de Monte Carlo consiste à simuler un grand nombre de fois les comportements futurs (à l'horizon de temps choisi) possibles des facteurs de risque selon un certain nombre d'hypothèses, et d'en déduire une distribution des pertes et profits. Une fois cette distribution de pertes déduite, la VaR correspond comme pour la méthode historique au quantile empirique correspondant au niveau de confiance α choisi.

Les avantages de cette méthode sont notamment d'une part, qu'elle permet de tester de nombreux scénarios et d'y inclure explicitement des queues de distribution épaisses et, ainsi, inclure dans une certaine mesure certains événements extrêmes et, d'autre part, qu'elle convient à tous les types d'instruments, y compris aux produits optionnels.

Toutefois, sa mise en œuvre peut être très lourde et les temps de calcul très longs et le risque de modèle peut être important pour l'évaluation de certains instruments complexes.

2.1.4.3 La méthode paramétrique

Cette méthode consiste à imposer des lois de probabilité aux différents facteurs de risque qui permettent ensuite de déduire une distribution de pertes sur la base d'une matrice de variance / covariance des différents facteurs de risque.

Cette méthode comprend essentiellement trois étapes :

- Le relevé des facteurs de risque élémentaires en lesquels les actifs financiers du portefeuille peuvent être décomposés ;

- La répartition des flux financiers associés à ces facteurs de risque élémentaires en des cash-flows plus simples correspondant à des échéances standards ;
- Le calcul de la VaR à partir de la décomposition en facteurs de risque choisie au départ.

Elle impose donc des hypothèses théoriques assez contraignantes :

- Hypothèse de stationnarité : les paramètres statistiques mesurés sur la distribution observée des variations de rendement sont de bonnes estimations de ces mêmes paramètres pour l'horizon sur lequel on estime la VaR ;
- Hypothèse de normalité : la loi conjointe du rendement des différents actifs (ou facteurs de risque) est un vecteur gaussien et la variance du rendement des actifs évolue au cours du temps;
- Décomposition linéaire des actifs : le rendement des actifs dépend linéairement de celui des facteurs de risque.

Par conséquent, les limites de cette méthode de calcul de la VaR sont qu'elle est théoriquement peu adaptée aux queues de distribution épaisses et aux distributions non normales des rendements et qu'elle est inadaptée aux portefeuilles non linéaires (comme les options par exemple).

2.1.5 Méthodologie initialement choisie par le Groupe pour l'évaluation du risque retraite

Par souci de cohérence avec la mesure d'autres risques du Groupe, le calcul de l'ICAAP relatif au risque retraite est calculé à partir de la mesure de risque choisie par le Groupe pour tous ses risques matériels : la VaR.

Le seuil de confiance choisi par le Groupe est de 99,90% et l'horizon temporel d'un an. Cela signifie que la probabilité que les pertes réelles à horizon un an puissent excéder le montant de VaR calculée est de 0,10%, soit une fois tous les mille ans.

Si la métrique, le seuil de confiance et l'horizon temporel sont identiques, la méthodologie de calcul de la VaR peut différer en fonction des risques.

Lors de la mise en place d'un premier modèle de calcul de la VaR retraite en 2015, il a été décidé, après discussions avec un cabinet de conseil externe, d'évaluer le risque retraite en s'appuyant sur la méthode de VaR paramétrique.

2.2 Description du fonctionnement du modèle de VaR paramétrique mis en œuvre

2.2.1 Modélisation de la VaR par facteurs de risque

Le modèle initial mis en place pour le risque retraite en 2015 est un modèle qui a été réalisé sous Excel avec l'aide d'un cabinet de consultants.

2.2.1.1 Facteurs de risque

La méthodologie consiste à considérer que les engagements de retraite et les actifs de couverture associés peuvent être répartis en facteurs de risque. Ces facteurs de risque sont représentatifs des risques sous-jacents, à la fois pour les actifs de couverture mais également pour les engagements eux-mêmes.

La liste de ces facteurs de risque a été déterminée à jugement d'expert sur la base des principales caractéristiques des passifs et actifs de retraite du Groupe BNPP. Par exemple, pour le risque de taux d'intérêt, les facteurs de risque ont été déterminés sur la base de la nature des actifs (obligations gouvernementales ou de sociétés privées) mais aussi sur la base de leur duration.

La liste des facteurs de risque utilisés dans le modèle est la suivante :

Facteurs de risque pris en compte dans le modèle actuel
Disponibilités
Rendement nominal « sans risque » de court terme (< 5 ans) à long terme (supérieur à 10 ans)
Rendement réel « sans risque » de court terme (< 5 ans) à long terme (supérieur à 10 ans)
Spreads des obligations de sociétés de notation équivalente à AA
Spreads des obligations de sociétés de haute qualité
Obligations high yield marché domestique
Obligations high yield hors marché domestique
Obligations high yield hors marché domestique avec couverture de change
Obligations hors marché domestique
Obligations hors marché domestique avec couverture de change
Titres de dette marchés émergents (devise forte)
Titres de dette marchés émergents (monnaie locale)
Fonds spéculatifs / stratégies d'investissement multi-classes d'actifs avec rendement absolu avec couverture de change
Actions domestiques
Actions hors marché domestique
Actions hors marché domestique avec couverture de change
Actions marchés émergents
Actifs immobiliers avec couverture de change
Cours de change contre EUR (USD, CHF, GBP)
Donnée de longévité du pays

Ces facteurs de risque sont adaptés à chacune des zones monétaires couvertes par le modèle en fonction des actifs de couverture effectivement utilisés.

Ils sont également pour certains divisés en plusieurs facteurs de risque dépendant d'un intervalle de duration. Ceci est, par exemple, le cas pour les obligations gouvernementales qui, sur la zone EUR, sont divisés en 5 facteurs de risque distincts correspondant aux 5 intervalles de duration retenus (1-3 ans, 3-5 ans, 5-7 ans, 7-10 ans et au-delà de 10 ans).

La classification des passifs et actifs de retraite en facteurs de risque est réalisée sur la base des données d'actifs et de passifs collectées et analysées par notre équipe Rémunération et Avantages Sociaux Groupe auprès des entités locales. L'objectif est de déterminer les montants à risque pour chaque facteur de risque. Comme indiqué précédemment, les passifs (engagements de retraite ou « DBO ») sont considérés comme des actifs ayant une valeur négative.

2.2.1.2 Hypothèses de rendements et volatilités des facteurs de risque

A chaque facteur de risque est associé un indice de marché de référence afin de pouvoir récupérer des données de marché historiques permettant de calibrer les hypothèses clés.

L'hypothèse majeure utilisée dans le modèle de VaR consiste à considérer que tous les facteurs de risque suivent une loi normale, caractérisée par son rendement et sa volatilité.

Hypothèses de rendements

Les rendements à un an sont déterminés à dire d'experts pour chaque classe d'actifs. A cette fin, différentes sources internes et externes sont prises en compte. Pour citer quelques exemples :

- Le rendement des actions à un an est déterminé sur la base des hypothèses économiques internes au Groupe BNP Paribas : en effet, pour cette classe d'actifs, il a été décidé que le rendement attendu ne pouvait pas être déduit de la seule observation de la performance passée ou présente des actifs. Ainsi, pour cette catégorie d'actifs, la performance attendue à horizon 1 an est calculée sur la base des projections internes de chacun des indices de référence (Eurostoxx 50 pour les actions EUR, FTSE 100 pour les actions GBP, S&P 500 pour les actions USD et SMI pour les actions CHF) déterminées par les équipes en charge de la publication des hypothèses économiques pour le Groupe BNP Paribas.
- Les taux d'actualisation pour les zones EUR, GBP et USD sont déterminés sur la base des indices externes iBoxx Corporate AA par tranche de duration.

Le choix à dire d'expert des sources permettant de déterminer les rendements a été remis en question lors de la revue indépendante du modèle par le département des risques du Groupe. Cependant, les conclusions de cette revue ont mis en évidence que cette méthode faisait du sens par rapport aux hypothèses à la fois du Groupe et les méthodes d'évaluation comptable des engagements de retraite. Par ailleurs, il est intéressant de noter que l'impact des rendements est relativement mineur dans le modèle de calcul de la VaR. Une analyse de sensibilité au 31 décembre 2019 montre que la mise à zéro de tous les rendements attendus des facteurs de risque sur toutes les zones couvertes génère une augmentation d'environ 50 MEUR de la VaR retraite, soit une augmentation d'environ 5%.

Hypothèses de volatilités

Les hypothèses de volatilités sont calibrées à partir de séries historiques correspondant à chaque facteur de risque. Ces séries sont considérées en données mensuelles sur une période de 10 ans.

Ces données sont extraites soit de données internes BNPP (pour les séries relatives à l'inflation UK, par exemple), soit de données provenant d'autres banques (données Barclays pour les spreads de crédit), soit d'outils de marché tels que Reuters et Bloomberg. Les indices de marché utilisés dans le modèle figurent en *Annexe 2*.

Une fois ces séries mensuelles extraites, les volatilités sont calculées sur la base des rendements annuels de chaque indice.

$$\sigma_{X_k} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{i,k} - \bar{x}_k)^2},$$

Avec : σ_{X_k} : la volatilité de la série correspondant au facteur de risque k

x_i : le rendement annuel à la date i de l'indice

\bar{x} : le rendement annuel moyen sur les 10 ans considérés de l'indice

n : le nombre de périodes, soit 120 ici puisque nous sommes en données mensuelles sur une période de 10 ans.

Les volatilités obtenues pour chaque facteur de risque sont ensuite analysées et pour certaines revues sur la base d'un avis d'expert. Cela est notamment le cas pour les spreads de crédit.

Ces ajustements manuels sur les spreads sont réalisés afin de corriger le modèle qui pourrait, en l'absence de ces corrections, manquer de cohérence pour certains scénarios économiques. En effet, l'utilisation spreads significativement négatifs reviendrait à dire que les obligations d'entreprises AA sont significativement moins risquées, en termes de risque de crédit, que les obligations d'Etat sur une même zone monétaire, ce qui n'a pas été jugé cohérent.

Ainsi, pour éviter ces situations dans certains scénarios économiques sous-jacents à notre mesure de VaR à 99,90%, il a été décidé de limiter l'écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés privées notées AA à -1% à l'aide d'un retraitement manuel de la volatilité observée sur les références de marché choisies.

Cela signifie, qu'à chaque date d'évaluation de l'ICAAP retraite, la volatilité des spreads pour chaque zone monétaire est déterminée en fixant l'hypothèse de volatilité à l'aide la formule suivante :

$$\sigma_{spread\ ccy} = \text{Min}(\sigma_{index\ ccy} ; \sigma_{spread\ 99,90\%=-1\%}),$$

Avec : $\sigma_{spread\ ccy}$: la volatilité retenue sur le spread de crédit de la zone monétaire considérée ;

$\sigma_{index\ ccy}$: la volatilité du spread calculée à partir des données historiques de l'indice de référence ;

$\sigma_{spread\ 99,90\%=-1\%}$: la volatilité prenant en compte un spread de -1% sous le scénario à 99,90%.

Le choix de ce retraitement manuel n'est pas sans impact sur le calcul de la VaR au titre du risque retraite. Une analyse de sensibilité au 31 décembre 2019 montre que l'absence de retraitement sur les spreads de crédit génèrent une augmentation de la VaR d'environ 230 MEUR, soit environ 22% du montant de la VaR calculée au 31 décembre 2019.

Ce choix a cependant été validé par le management afin de conserver, même à 99,90%, un scénario économiquement cohérent.

2.2.1.3 Matrice de corrélation

La dernière hypothèse fondamentale dans le modèle de calcul de la VaR est la matrice de corrélation entre les facteurs de risque.

Ces corrélations sont calculées à partir des mêmes séries historiques que celles utilisées pour la détermination de la volatilité des facteurs de risque.

$$\rho_{X_k, X_l} = \frac{Cov(X_k, X_l)}{\sigma_{X_k} \times \sigma_{X_l}}$$

Avec : ρ_{X_k, X_l} : le facteur de corrélation entre la série correspondant au facteur de risque k et celle correspondant au facteur de risque l

$Cov(X_k, X_l)$: la covariance entre la série correspondant au facteur de risque k et celle correspondant au facteur de risque l

σ_{X_k} : la volatilité de la série correspondant au facteur de risque k

σ_{X_l} : la volatilité de la série correspondant au facteur de risque l

Aucun retraitement manuel n'est réalisé sur ces facteurs de corrélation.

2.2.1.4 Détermination des catégories de risque

Les différents facteurs de risque présentés dans le paragraphe précédent sont ensuite ventilés entre 6 catégories de risque. L'objectif de cette ventilation est de permettre de mieux comprendre la provenance du risque en calculant des sous-VaR par catégorie de risque. Les 6 catégories retenues dans le modèle actuel sont les suivantes :

- Risque de taux nominal :

L'engagement de retraite comptabilisé est égal à la valeur actualisée des prestations futures, sur la base d'un taux d'actualisation déterminé par référence à un taux de marché basé sur les obligations de sociétés de première catégorie.

Ce taux d'actualisation est donc la résultante de deux composantes : le taux de marché des obligations d'Etat et le spread de crédit entre obligations d'Etat et obligations de sociétés de première catégorie (communément considérées sur le marché comme les sociétés de notation équivalente à AA).

Ainsi, une diminution des taux nominaux (à spreads de crédit équivalents) entraîne une augmentation de l'engagement de retraite (puisque celui-ci est actualisé à un taux moindre). A noter que cette augmentation de l'engagement peut être partiellement compensée par une augmentation de la valeur de marché des actifs investis en obligations d'Etat.

- Risque lié au spread de crédit :

Comme indiqué pour le risque de taux nominal, une diminution des spreads de crédit (à taux nominaux inchangés) entraîne une diminution du taux d'actualisation et, par conséquent, une augmentation des engagements de retraite qui peut être partiellement compensée par une augmentation de la valeur de marché des actifs investis en obligations d'entreprises de notation équivalente à AA.

- Risque lié au taux d'inflation :

Certaines hypothèses de valorisation des engagements de retraite peuvent être indexées sur l'inflation : par exemple, pour certains plans, le taux d'augmentation des salaires ou le taux de revalorisation des rentes.

Ainsi, une augmentation des taux d'inflation peut entraîner une augmentation des engagements de retraite, parfois partiellement compensée par une augmentation de la valeur de marché des actifs investis en obligations d'Etat indexées à l'inflation.

- Risque de rendement des actifs :

Le risque provient de la baisse de la valeur de ces actifs en cas de conditions de marché défavorables (actions, actifs immobiliers, produits à très haut rendement attendu, ...)

- Risque de change :

Ce risque impacte les provisions nettes (positives ou négatives) libellées en monnaie autre que l'euro qui est la monnaie dans laquelle sont établis les états financiers du Groupe.

- Risque lié à la longévité :

Une diminution des taux de mortalité peut entraîner une augmentation des engagements de retraite. L'impact est plus ou moins important en fonction du type de sortie prévue dans les plans de retraite : l'impact est plus important pour les plans dont la sortie se fait en rentes que pour les plans dont la sortie se fait en capital.

Dans le cadre du modèle actuel, le risque de longévité n'est pas évalué. Une étude menée en interne a fait ressortir ce risque comme étant non significatif par rapport aux autres risques mentionnés ci-dessus. Cette moindre significativité s'explique notamment par le fait que la VaR est calculée à horizon un an. L'impact de l'allongement de la durée de vie sur une année est alors limité par rapport aux autres risques.

Compte tenu de la ventilation des engagements et actifs de couverture entre les différents facteurs de risque et du regroupement de ces facteurs de risque en 6 catégories de risque, un actif peut être pris en compte dans différentes catégories de risque : par exemple, risque de taux nominal et risque de change pour une obligation d'Etat libellée en USD.

2.2.1.5 Calcul de la VaR globale et des sous-VaR par catégorie de risque

La VaR liée au risque retraite est calculée sur la base de :

- L'exposition au risque totale par classe d'actifs pour tous les plans de retraite entrant dans le champ d'application ;
- Le rendement et la volatilité associés à chaque facteur de risque, et ;
- La matrice de corrélation entre tous les facteurs de risque.

Cette VaR mesure le risque retraite à horizon un an à compter de la date d'évaluation, i.e. le montant de la perte totale (en termes d'impact négatif sur le bilan) à laquelle la Banque devrait faire face dans le cadre d'un scénario stressé susceptible de se produire dans 0,10% d'une distribution normale.

Le calcul de la VaR est réalisé à différents niveaux de granularité.

Un premier calcul est fait au niveau de chaque facteur de risque sur la base des montants à risque calculés une fois les engagements et actifs de couverture ventilés entre les différents facteurs de risque et du rendement et de la volatilité associés à chaque facteur de risque. Ce premier calcul donne la contribution de chaque facteur de risque à la VaR globale.

Le second niveau de calcul est ensuite réalisé au niveau des 6 catégories de risque précédemment décrites. Ce calcul prend pour hypothèse que les différentes catégories de risque suivent également des lois normales. Le rendement de la catégorie de risque est déterminé comme étant la moyenne pondérée (par les montants à risque) des rendements des différents facteurs de risque de la catégorie. La volatilité est également calculée comme une moyenne pondérée prenant en compte des facteurs de corrélation entre les différents facteurs de risque. La différence entre la somme des VaR calculées par facteur de risque et la VaR calculée au niveau de la catégorie de risque est considérée comme étant égale à la diversification existant entre les différents facteurs de risque de la catégorie.

Enfin, la même méthodologie est ensuite appliquée pour calculer la VaR au niveau de chaque plan de retraite sur la base d'un rendement et d'une volatilité calculés en fonction des poids de chaque facteur de risque et de la matrice de corrélation. Comme pour l'effet lié à la diversification observée entre les facteurs de risque, la différence entre la somme des VaR calculées par catégorie de risque et la VaR calculée au niveau du plan de retraite est considérée comme étant égale à la diversification existant entre les différentes catégories de risque.

La méthodologie d'agrégation en fonction des trois niveaux de calcul (facteur de risque / catégorie de risque / plan de retraite) est également utilisée au niveau du pays (pour l'agrégation des différents plans d'un même pays au niveau des facteurs de risque puis des catégories de risque), et au niveau global (pour l'agrégation des plans de retraite sur l'ensemble du périmètre par facteur de risque puis par catégorie et enfin globalement). Ces différents calculs permettent de mettre en évidence les effets de diversification aux bornes d'une zone monétaire, d'un pays ou d'un plan de retraite.

2.2.2 Données d'entrée du modèle : engagements de retraite et actifs de couverture

Le modèle est alimenté des données d'entrée relatives aux engagements de retraite et actifs de couverture qui sont consolidés annuellement par notre équipe RHG C&B au terme du processus annuel de clôture présenté en première partie.

2.2.2.1 Données de passif

Au passif, sont comptabilisés les engagements de l'employeur au titre des régimes de retraite octroyés aux collaborateurs et anciens collaborateurs du Groupe. Le montant de ces engagements est la valeur actualisée des prestations futures qui seront payées aux bénéficiaires.

L'objet du modèle de calcul est d'estimer l'impact des engagements de retraite du Groupe sur les capitaux propres. Ainsi, dans la projection de l'engagement, ne sont pris en compte que les impacts du changement des principales hypothèses jouant sur le montant de l'engagement de retraite : le taux d'actualisation, le taux d'inflation et le taux de change.

Pour les données d'entrée côté passif, les données de clôture servent donc à alimenter un fichier qui reprend les éléments suivants :

Données du plan de retraite	
Pays	Nom du pays
Devise	EUR / GBP / USD / CHF
Duration	Duration du plan de retraite
DBO	Montant de l'engagement de retraite (« <u>Defined Benefit Obligation</u> ») à la date de calcul en devise locale
$Sensibilité_{DR-1\%flooréDBO}$	Sensibilité de l'engagement à une baisse de 1% du taux d'actualisation (avec un taux plancher à 0%) en % de la DBO à la date de calcul
$Sensibilité_{inflationDBO}$	Sensibilité de l'engagement à une hausse de 1% du taux d'inflation en % de la DBO à la date de calcul
Hypothèses actuarielles	
DR	Taux d'actualisation (« <u>Discount Rate</u> ») utilisé à la date de calcul pour valoriser l'engagement de retraite. Ce taux dépend de la durée du plan de retraite.
Inflation	Taux d'inflation utilisé à la date de calcul pour valoriser l'engagement de retraite. Ce taux dépend de la durée du plan de retraite.

Figure 16 : Données d'entrée côté passif alimentant le modèle actuel de VaR

Certains retraitements manuels doivent être effectués sur les données de sensibilité au taux d'actualisation.

En effet, en 2015, lors de l'implémentation de l'outil de consolidation des données relatives aux plans de retraite, le choix a été fait de limiter l'univers des taux d'actualisation aux taux positifs ou nuls. L'univers des taux était tel que le sujet des taux d'actualisation négatifs a été considéré comme non prioritaire. Ainsi, la sensibilité de l'engagement à une baisse du taux d'actualisation demandée dans les évaluations actuarielles a été limitée à une baisse aboutissant à un taux d'actualisation à 0% dans le cas où le taux d'actualisation à la date de clôture serait inférieur à 1%.

Or, compte tenu du contexte actuel des taux d'intérêt et du fait que le niveau de confiance choisi pour le calcul de la VaR est de 99,90%, l'univers des taux d'actualisation ne peut plus être limité aux taux positifs. Il convient donc de retraiter la donnée de sensibilité à une baisse de 1% du taux d'actualisation afin qu'elle ne soit plus limitée à 0%. Ainsi, lorsque la sensibilité collectée est basée sur un taux d'actualisation inférieur à 1%, la donnée est simplement retraitée en appliquant une règle de trois :

$$Sensibilité_{DR-1\%}DBO = \frac{Sensibilité_{DR-1\%flooréDBO}}{\text{Min}(DR ; 1)},$$

De même, quand le taux d'actualisation sur lequel est basée la sensibilité est 0% (comme cela a été le cas pour certains plans de retraite à la clôture 2019), l'outil de consolidation des engagements de retraite fait ressortir un impact nul à une baisse de 1% du taux d'actualisation puisque cet impact est limité à un taux d'actualisation des engagements à 0%.

Dans ce cas, la sensibilité de l'engagement à une baisse de 1% est supposée égale à l'inverse de la sensibilité à une hausse de 1% du taux d'actualisation.

2.2.2.2 Données relatives aux actifs de couverture

Informations collectées

Pour tous les plans de retraite significatifs à l'échelle du Groupe BNP Paribas, il est demandé aux entités locales de présenter les actifs de couverture en valeur de marché par classe d'actifs dans un fichier prédéfini. Ce fichier est complété par les différents gestionnaires d'actifs. Les différentes classes d'actifs ont été définies relativement aux besoins de modèle actuel ICAAP pour les plans de retraite.

Les entités locales sont ainsi tenues de communiquer les informations suivantes la valeur de marché des actifs de couverture à la date de clôture, répartis en vingtaine de classes d'actifs, certaines caractéristiques de ces actifs (par exemple, sensibilité du portefeuille d'obligations d'Etat marché domestique) ainsi que le montant du plafonnement des actifs quand cela est applicable. Le plafonnement d'actifs intervient lorsque les actifs de couverture sont supérieurs au montant de l'engagement et si ces actifs sont acquis au plan de retraite car ils ne peuvent pas être récupérés par l'employeur. Le montant de l'engagement net est, par conséquent, égal à zéro (et non au montant de l'actif net).

Classes d'actifs prises en compte dans le modèle de calcul de la VaR retraite actuel
Disponibilités et dépôts court terme (inférieur à 1 an)
Fonds du marché monétaire
Contrats d'assurance <i>Dont Contrats de capitalisation</i> <i>Dont Contrats de rentes adossés au passif</i>
Obligations gouvernementales domestiques notées de AAA à BBB
Obligations gouvernementales domestiques indexées à l'inflation notées de AAA à BBB
Swaps de longévité
Obligations non gouvernementales domestiques notées de AAA à BBB ou équivalent
Obligations non gouvernementales de marchés développés notées de AAA à BBB ou équivalent
Obligations domestiques dont la notation équivalente est inférieure à BBB
Obligations non domestiques dont la notation équivalente est inférieure à BBB
Créances de marchés émergents avec une distinction entre les titres en devises dites « fortes » et les titres en devises locales
Fonds spéculatifs
Actifs immobiliers
Actions domestiques
Actions non domestiques de marchés développés
Actions de marchés émergents
Options de vente
Fonds de placement privés

Retraitements réalisés

Deux types de retraits sont effectués sur les données collectées auprès des gestionnaires d'actifs :

- Pour les plans de retraite dont les actifs de couverture sont des contrats de rentes d'assurance ou des contrats d'assurance individuels, l'actif et le passif sont nettés afin de simuler un adossement parfait, ce qui est économiquement le cas.
- Lorsque les rapports reçus sont incomplets, la sensibilité des obligations doit être estimée lorsqu'elle manque. Elle est estimée de la façon suivante :
 - Pour les obligations gouvernementales, la sensibilité est approximée par le minimum entre la durée du plan de retraite et 10 ans ;
 - Pour les obligations non gouvernementales, la sensibilité est approximée par le minimum entre la durée du plan et 5 ans.

2.2.3 Données de sortie du modèle

2.2.3.1 Synthèse de la VaR obtenue

Dans cet onglet, sont présentés :

- Le montant de la VaR à 99,90% à horizon un an obtenu ;
- Une allocation de la VaR globale par catégorie de risque (risque de taux nominal, risque de taux d'inflation, risque de spread de crédit, risque de rendement des actifs, risque de change et diversification)
- Une allocation de la VaR par plan de retraite avec prise en compte de l'effet diversification (cela correspond à la part de la VaR du plan de retraite dans la VaR globale)
- Une allocation de la VaR par plan de retraite sans prise en compte de l'effet diversification (cela correspond au scénario où la VaR de ce plan serait calculée indépendamment des autres plans).

Compte tenu du principe de non-additivité de la VaR, la somme de ces sous-VaR par plan de retraite est supérieure au montant de la VaR totale obtenue, du fait des effets de diversification entre les classes d'actifs et les zones géographiques pris en compte dans le modèle.

2.2.3.2 Montant de la sous-VaR pour un critère choisi

Le modèle permet de mesurer la sous-VaR au niveau d'un plan de retraite uniquement, d'un pays (et incluant donc tous les plans de retraite des entités du Groupe présentes dans ce pays), ou d'une zone monétaire (EUR, GBP, USD et CHF).

A chacun de ces niveaux, la sous-VaR est elle-même allouée par catégorie de risque. Cela permet d'analyser par plan de retraite, par pays ou par zone monétaire, les poids respectifs des différents risques.

2.3 Présentation des résultats au 31 décembre 2019

2.3.1 Périmètre des engagements et actifs de couverture couvert par le modèle de calcul actuel

Le périmètre des plans de retraite et IFC pris en compte dans le cadre du calcul du besoin en capitaux propres au titre du risque retraite comprend :

- Les plans de retraite et IFC des entités du Groupe appartenant au périmètre prudentiel, A fin 2019, 95% des engagements de retraite du scope comptable sont inclus dans le scope prudentiel.
- Des zones monétaires euro (« EUR »), livre sterling (« GBP »), dollar américain (« USD ») et franc suisse (« CHF »).

En effet, le manque de données pour les autres zones monétaires considérées comme moins significatives à l'échelle du Groupe rend le modèle de VaR utilisé presque insensible à un scénario stressé sur la provision ou l'actif net des plans de retraite dans ces pays

Le tableau ci-dessous présente le montant des engagements de retraite et IFC ainsi que le montant des actifs de couverture respectifs pris en compte pour le calcul de la VaR retraite par pays.

En millions d'euros au 31/12/2019	Périmètre prudentiel		Périmètre modèle actuel ICAAP retraite			
	Valeur actualisée des obligations	Valeur de marché des actifs de couverture	Valeur actualisée des obligations	Valeur de marché des actifs	% de la valeur des obligations dans le scope du modèle actuel	% de la valeur de marché des actifs dans le scope du modèle actuel
Belgique	3 208	3 095	3 208	3 095	100%	100%
Royaume-Uni	1 527	1 768	1 527	1 768	100%	100%
France	1 199	1 144	1 199	1 144	100%	100%
Suisse	1 223	1 115	1 223	1 115	100%	100%
Etats-Unis	672	548	672	548	100%	100%
Italie	305	0	305	0	100%	-
Allemagne	205	114	205	114	100%	100%
Turquie	175	397	0	0	0%	0%
Autres	436	366	308	289	71%	79%
TOTAL	8 951	8 545	8 647	8 072	97%	94%

Au 31 décembre 2019, le modèle de calcul du risque retraite prend en compte 97% de la valeur actualisée des obligations et 94% des actifs de couverture sur la base du périmètre prudentiel.

Le périmètre non couvert est constitué des plans de retraite des zones monétaires non modélisées.

2.3.2 Résultats du modèle actuel de calcul du risque retraite au 31 décembre 2019

Sur la base des données présentées ci-dessus, le montant de la VaR à un an à 99,90% au titre des engagements de retraite du Groupe s'élève à **1 042 MEUR**.

Les différents résultats présentés ci-après nous permettent de nous assurer de la cohérence de notre modèle par rapport aux spécificités des plans de retraite pris en compte dans le calcul. Les résultats obtenus sont, en effet, en ligne avec les impacts attendus compte tenu de notre connaissance des plans de retraite du Groupe.

Répartition de la VaR au 31 décembre 2019 par catégorie de risque :

Catégorie de risque	Montant (MEUR)
Risque de taux nominal	850
Risque de taux d'inflation	591
Risque de spread	842
Risque de rendement des actifs	513
Risque de change	45
Diversification	-1 798
VaR TOTALE	1 042

Le risque de taux (taux d'intérêt nominal et spread) ressort comme un facteur de risque prépondérant dans le modèle ce qui était attendu puisque l'évolution du taux d'actualisation est une hypothèse fondamentale dans la valorisation des engagements de retraite.

Le risque de rendement des actifs est significatif mais reste limité du fait de la répartition des actifs de couverture entre actifs dits défensifs et actifs dits de croissance. Sur l'ensemble des plans de retraite pris en compte dans le modèle de calcul de VaR, la répartition est approximativement de 80% d'actifs défensifs contre 20% d'actifs de croissance.

Répartition de la VaR au 31 décembre 2019 par pays :

En millions d'euros au 31/12/2019	Valeur actualisée des obligations dans le scope du modèle actuel	Montant de la VaR à 99,90%
Belgique	3 208	416
Royaume-Uni	1 527	346
France	1 199	341
Suisse	1 223	804
Etats-Unis	672	154
Italie	305	75
Allemagne	205	106
Autres	308	44
Diversification		-1 244
TOTAL	8 647	1 042

En comparant le montant de VaR par pays (sans prendre en compte l'effet diversification) au montant de l'engagement de retraite (« DBO ») total du pays considéré, on observe des résultats cohérents par rapport aux caractéristiques des plans de retraite.

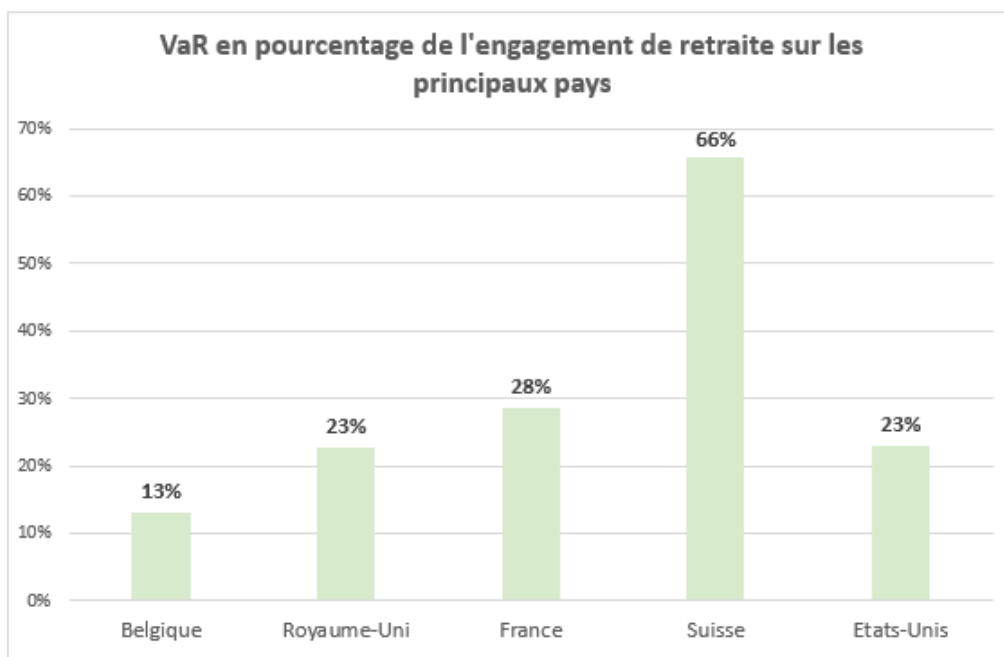


Figure 17 : VaR en pourcentage de l'engagement de retraite

On observe un montant de VaR significativement élevé en proportion des engagements de retraite sur la Suisse. Cela est cohérent avec la répartition des actifs de couverture qui sont constitués à plus de 70% par des actifs de croissance ayant une plus grande volatilité.

En Belgique, a contrario, la VaR au 31/12/2019 est égale à 13% du montant de l'engagement total sur le pays. Ce faible niveau comparé à d'autres pays s'explique par l'adossement très important des actifs de couverture aux engagements de retraite. Pour de nombreux plans de notre filiale Fortis notamment, les actifs de couvertures sont des contrats d'assurance presque parfaitement adossés aux engagements de retraite.

Répartition de la VaR au 31 décembre 2019 par zone monétaire :

En millions d'euros au 31/12/2019	Valeur actualisée des obligations dans le scope du modèle actuel	Montant de la VaR à 99,9%
EUR	5 224	982
GBP	1 527	346
CHF	1 223	804
USD	672	154
Diversification		-1 244
TOTAL	8 647	1 042

La répartition de la VaR par zone monétaire synthétise les résultats observés au niveau des pays. On y retrouve notamment le montant de VaR significatif sur la zone CHF en ligne avec la composition des actifs sur ce pays.

2.3.3 Reverse stress-test : recherche d'un scénario déterministe illustrant le niveau de VaR obtenu

Outre les premières analyses faites sur les résultats du modèle ci-dessus, la recherche d'un scénario déterministe dont la réalisation donnerait un montant de pertes sur les capitaux propres du Groupe en ligne avec le montant de VaR à 99,90% calculé à l'aide du modèle actuel permet de s'assurer de la cohérence du montant présenté.

2.3.3.1 Hypothèses de calcul du scénario déterministe

La recherche d'un scénario déterministe permettant de refléter le niveau de pertes sur les capitaux propres du Groupe calculé via le modèle de VaR actuel est réalisée sous l'hypothèse simplificatrice suivante : seules les hypothèses de taux d'actualisation et de rendement des actions subissent un choc.

Nous avons fait le choix de ne pas impacter le taux d'inflation ainsi que les autres classes d'actifs (actifs immobiliers, fonds de placement privés, fonds spéculatifs) car cela aurait nécessité d'introduire des corrélations entre ces différentes hypothèses pour que le scénario déterministe reste cohérent.

Par conséquent, l'exercice de recherche d'un scénario déterministe reflétant le niveau des pertes sur les capitaux propres est très simplifié et permet uniquement de se rassurer sur le niveau de la VaR retraite obtenu avec le modèle.

2.3.3.2 Méthode de calcul du scénario déterministe

Choc appliqué sur le taux d'actualisation

Une hypothèse de choc sur le taux d'actualisation est déterminée. Ce choc peut être différent pour chacune des zones monétaires ou identiques sur une ou plusieurs zones.

Le choc appliqué est négatif (baisse du taux d'actualisation) puisque les engagements de retraite augmentent lorsque le taux d'actualisation diminue. Les scénarios économiques générant des pertes du point de vue du risque retraite sont ainsi les scénarios dans lesquels les taux d'actualisation diminuent.

Ce choc de taux est appliqué à l'engagement net de la proportion d'actifs considérée comme parfaitement adossés à l'engagement.

Pour déterminer ce niveau d'adossement, les hypothèses simplificatrices suivantes ont été prises en compte :

- Les obligations d'Etat sont considérées comme étant adossées à 60% de l'engagement ;
- Les obligations de sociétés privées sont considérées comme étant adossées à 80% de l'engagement. Le pourcentage d'adossement est supérieur à celui des obligations d'Etat car le taux d'actualisation utilisé au passif est normativement évalué sur la base des taux des obligations de sociétés privées de notation équivalente à AA. L'hypothèse d'adossement n'est

pas de 100% compte tenu, d'une part, des écarts de durée qui existent entre l'engagement de retraite et les actifs de couverture et, d'autre part, du fait que les obligations sur lesquels est investie une partie des actifs ne sont pas toutes de notation AA.

L'impact du choc sur le taux d'actualisation est alors calculé pour chacun des plans de retraite entrant dans le périmètre de calcul du modèle à l'aide de la sensibilité à la baisse du taux d'actualisation fournie dans les données d'entrée du modèle. Le calcul effectué est le suivant :

$$Loss_i = Choc_{DR} \times Sensibilité_{DR-1\%} DBO \times (DBO_i - Bonds_i \times Backing\%_i),$$

Avec : $Loss_i$: le montant de pertes calculées pour le plan i sous l'hypothèse de baisse du taux d'actualisation choisie

$Choc_{DR}$: le choc à la baisse sur le taux d'actualisation

$Sensibilité_{DR-1\%} DBO$: la sensibilité de l'engagement du plan i à une baisse de 1% du taux d'actualisation

DBO_i : la valeur de l'engagement de retraite du plan i à la date de calcul

$Bonds_i$: la valeur de marché des obligations de couverture du plan i à la date de calcul

$Backing\%_i$: le pourcentage d'adossement estimé sous les hypothèses ci-dessus des obligations pour le plan i

Choc appliqué sur le taux de rendement des actions

Le choc appliqué est négatif. Il peut être commun aux quatre zones monétaires du modèle ou varier selon les zones.

Il est directement appliqué à la valeur de marché des actions du portefeuille de couverture à la date de calcul afin de déterminer la perte constatée sous ce scénario choisi.

$$Equ_Loss_i = Equ_i \times Choc_{Equ},$$

Avec : Equ_Loss_i : le montant de pertes sur les actions calculé pour le plan i sous l'hypothèse de choc sur le taux de rendement des actions choisi;

Equ_i : la valeur de marché des actions et autres actifs assimilés à la date de calcul pour le plan i ;

$Choc_{Equ}$: le choc appliqué sur le taux de rendement des actions

2.3.3.3 Résultat du scénario déterministe choisi

Dans le scénario déterministe choisi, un impact uniforme de baisse des taux d'actualisation et des rendements des actions est appliqué pour les quatre zones monétaires du modèle.

Comme le montre le tableau ci-dessous, en appliquant un choc de - 1,25% sur le taux d'actualisation et de -25% sur le rendement des actions sur toutes les zones monétaires, la perte obtenue est approximativement de **1 031 MEUR**. Cette perte est du même ordre que le montant de la VaR à 99,90% de **1 042 MEUR** obtenu au 31 décembre 2019 dans le cadre du modèle de calcul actuel.

Résultats au 31/12/2019 en MEUR					
Zone	EUR	USD	GBP	CHF	Total
HYPOTHESES					
Taux d'adossment actif / passif sur variation taux actualisation	46%	40%	47%	21%	
CHOCS					
sur taux d'actualisation (Obligations Corporate AA)	-1,25%	-1,25%	-1,25%	-1,25%	
sur marchés actions	-25,0%	-25,0%	-25,0%	-25,0%	
RESULTATS					
Perte/(Gain) OCI totale en m€	386	94	265	286	1 031
dont sur passif	568	105	478	241	1 392
dont sur actif	(182)	(10)	(214)	45	(361)
Pour comparaison : VaR à 1 an à 99,90% issue du modèle de calcul actuel					1 042

2.4 Limites identifiées du modèle de calcul de la VaR actuellement utilisé

2.4.1 Limites en termes de qualité de données

Les données d'entrée relatives aux engagements de retraite du Groupe proviennent des évaluations actuarielles réalisées par les actuaires externes au Groupe dans le cadre du processus annuel de clôture comptable et des rapports d'actifs complétés par les gestionnaires d'actifs.

Données issues des évaluations actuarielles

Comme indiqué lors de la présentation du processus de clôture annuel mis en place au niveau du Groupe, les données relatives aux engagements sociaux présentes dans les rapports actuariels peuvent être considérées comme fiables et complètes pour les raisons suivantes :

- Elles sont réalisées par des cabinets d'actuariat indépendants par des équipes formées aux engagements sociaux ;
- Elles sont revues dans un premier temps par les équipes RH ou Finance des entités locales ;
- Elles font ensuite l'objet d'une seconde revue par l'équipe RHG C&B.

Toutefois, deux limites se doivent d'être prises en compte :

- Compte tenu du choix retenu lors de la création de l'outil de consolidation des engagements de retraite, les sensibilités à la baisse du taux d'actualisation sont retraitées lorsque le taux d'actualisation sur lequel elles sont basées est strictement inférieur à 1%.

La sensibilité à la baisse du taux d'actualisation est alors approximée à l'aide d'une règle de trois ; ce qui engendre une perte de qualité de la donnée.

- Il peut arriver que certaines données de sensibilité soient manquantes ; cependant, compte tenu du processus de revue mis en place, cela ne peut être le cas que pour un nombre très limité de plans de retraite ayant une matérialité peu significative.

Données issues des rapports d'actifs

En l'état actuel du processus, la qualité des données contenues dans les rapports d'actifs peut être jugée moyenne pour certains plans de retraite.

Cela est notamment dû au niveau de granularité demandé dans le rapport qui rend ce dernier parfois difficile à compléter par les gestionnaires d'actifs. Les gestionnaires disposent de toute l'information mais ne sont pas en mesure, compte tenu de contraintes de délai ou de budget, de la restituer selon le format défini.

Compte tenu du fonctionnement du modèle actuel, la principale donnée qui doit être corrigée et qui est pourtant essentielle au calcul de la VaR est la sensibilité des obligations.

Cette mauvaise qualité de donnée pour les plans concernés est clairement identifiée comme étant une limite au modèle existant.

2.4.2 Limites en termes d'hypothèses utilisées

Provenance des données de marché historiques

Les différentes sources de données de marché utilisées pour calibrer les hypothèses nécessaires au fonctionnement du modèle rendent le modèle difficile à valider sur certains aspects et contribuent à son opacité.

L'analyse de l'impact de certains facteurs de risque sur un plan en particulier est parfois compliquée et peut manquer de clarté.

Cohérence des données de marché entre les différents modèles de calcul au sein du Groupe

Le fait que certaines données historiques qui servent à calibrer la volatilité des différents facteurs de risque proviennent de sources externes ne nous permet pas d'avoir une homogénéité de données avec celles utilisées pour le calcul de VaR d'autres risques identifiés comme matériels au sein du groupe, tel que le risque de crédit par exemple.

Cela pose un problème de cohérence au niveau du Groupe et est un frein au calcul d'une VaR globale prenant en compte plusieurs risques matériels concomitamment.

Ajustements effectués sur les hypothèses de volatilité

Les retraitements effectués sur les volatilités observées sur les spreads de crédit engendrent un biais dans le modèle. En effet, les volatilités sur les spreads de crédit sont modifiées pour que l'écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés privées AA ne puisse pas être inférieur à - 1%. Cependant, la matrice de corrélation n'est pas modifiée, elle reste basée sur les séries historiques.

Ces retraitements ont toutefois été jugés cohérents pour refléter la réalité économique.

2.4.3 Limites en termes de méthodologie

Nature du modèle

La première limite à mentionner ici est la nature paramétrique du modèle qui requière l'hypothèse extrêmement forte que tous les facteurs de risque suivent des lois normales caractérisées par un rendement et une volatilité calibrés à partir de données de marché historiques. Or la rentabilité de la plupart des actifs n'est pas gaussienne, en particulier lorsqu'on s'intéresse aux événements rares.

Sensibilité aux paramètres estimés

De manière générale, le niveau de risque estimé est très sensible aux hypothèses faites sur les paramètres des lois supposées gaussiennes des facteurs de risque. La volatilité et les corrélations entre les différents facteurs, notamment, sont des paramètres déterminants du résultat.

Sous-estimation du risque associé aux événements extrêmes

Les volatilités et corrélations peuvent changer au cours du temps. La plupart du temps lentes, leurs variations peuvent être brutales en périodes de stress de marché pendant lesquelles les actifs ont tendance à être fortement corrélés. Le modèle actuel ne prend pas en compte ces changements de comportement et a donc tendance à sous-estimer les risques extrêmes (phénomènes de queues de distribution épaisses).

Difficultés de correcte modélisation de certaines stratégies de couverture

Le modèle actuel ne permet pas de refléter correctement les stratégies de couverture spécifiques mises en place pour certains plans de retraite, notamment pour les actifs suivants :

- Les plans partiellement ou totalement couverts par des actifs de type « contrats de rentes d'assurance » dont la valeur de marché est totalement liée à la valeur de l'engagement. Ainsi, afin que cet adossement de l'actif sur le passif soit correctement pris en compte dans le modèle actuel, seule la position nette du plan de retraite est prise en compte dans les données d'entrée.
- Certains plans à prestations définies, en particulier en Belgique, sont partiellement ou totalement couverts par des actifs de type contrats d'assurance individuels pour lesquels la valeur de marché ne peut pas être calculée comme la somme des valeurs individuelles de chaque contrat à la date d'évaluation du fait d'une garantie de taux stipulée dans les contrats d'assurance. Ainsi, afin de

prendre correctement en compte cette particularité dans le calcul de la VaR, seule l'obligation nette est prise en compte sur ces plans.

- Le plan de retraite de la principale filiale du Groupe au Royaume-Uni pour lequel, depuis juin 2016, une stratégie de couverture très spécifique a été mise en place : une partie des actifs est « quasi parfaitement » adossée aux engagements de retraite (couverture de toute évolution des taux d'intérêt et des taux d'inflation via un portefeuille d'obligations gouvernementales et d'obligations gouvernementales indexées à l'inflation).

Cette stratégie de couverture spécifique ne peut pas être reflétée dans le modèle actuel. Les obligations gouvernementales sont alors modélisées comme pour les autres plans de retraite sans tenir compte de la couverture de taux d'intérêt et d'inflation.

3 MISE EN PLACE D'UN NOUVEAU MODELE DE CALCUL DE VAR AU TITRE DES ENGAGEMENTS DE RETRAITE DU GROUPE

3.1 Objectifs du changement de méthode

3.1.1 Uniformiser les méthodologies de calcul de la VaR pour tous les risques jugés matériels de la Banque

L'élaboration d'un nouveau modèle de calcul de la VaR s'inscrit dans la volonté du Groupe d'uniformiser les méthodes de calculs de VaR pour les différents risques matériels identifiés.

Ce choix au niveau du Groupe a deux objectifs :

- Avoir une cohérence entre les modèles et les hypothèses utilisés pour cet exercice, et
- Permettre de calculer de façon plus fine la diversification existant entre les différents risques matériels du Groupe.

En effet, outre la méthodologie, il est prévu que les modèles de calcul soient tous regroupés sur une même plateforme, permettant ainsi de calculer une VaR globale tous risques confondus à partir d'un même scénario.

Le niveau de confiance à 99,90% et l'horizon temporel d'un an ont été conservés.

La méthodologie de VaR retenue est modifiée : le nouveau modèle s'appuie sur une méthodologie stochastique, la VaR Monte Carlo.

3.1.2 Répondre à certaines des limites identifiées dans le modèle existant

3.1.2.1 Limites en termes de méthodologie

Nature du modèle

La première limite en termes de méthodologie du modèle actuel est sa nature paramétrique avec pour hypothèse sous-jacente que tous les facteurs de risque suivent des lois normales. Afin de ne plus dépendre de cette hypothèse très forte, l'approche de modélisation a été modifiée : le nouveau modèle repose sur une approche stochastique.

La méthodologie de projection à un an des passifs et actifs choisie est relativement simple et, par conséquent, facile à auditer et à améliorer si besoin.

Elle permet, de surcroît, de donner une vision économique du risque retraite, même si les données d'entrée du modèle sont établies sur la base de paramètres normatifs IFRS (norme IAS 19R).

Difficultés de correcte modélisation de certaines stratégies de couverture

Le nouveau modèle envisagé permet de prendre en compte les spécificités de couverture de certains plans de retraite :

- Contrats de rentes d'assurance parfaitement adossés à l'engagement de retraite
- Contrats d'assurance individuels avec garantie de taux mise en place par l'assureur en Belgique
- Stratégie spécifique de couverture de l'évolution des taux d'intérêt et d'inflation mise en place par notre entité à Londres

La modélisation de ces différentes catégories d'actifs est détaillée ci-après.

3.1.2.2 Limites en termes d'hypothèses utilisées

Provenance et cohérence des données de marché

Un des objectifs du nouveau modèle de VaR mis en place est d'uniformiser les méthodes de calcul des différents risques matériels pour la Banque, et notamment, d'utiliser les mêmes hypothèses au niveau du Groupe.

Pour cela, le nouveau modèle s'appuie sur le Générateur de Scenarios Economiques (GSE) nouvellement créé par une équipe du département Risques de la Banque. Les hypothèses nécessaires au modèle de calcul de la VaR au titre du risque de crédit notamment proviennent de ce GSE.

Ainsi, le nouveau modèle de calcul du risque retraite répond aux limites identifiées en termes de provenance et de cohérence des données de marché :

- D'une part, toutes les hypothèses financières utilisées par le nouveau modèle sont issues du GSE ou des modèles satellites s'appuyant sur les variables du GSE. Les hypothèses utilisées pour le calcul de la VaR retraite sont donc cohérentes avec les hypothèses utilisées pour le calcul des VaR d'autres risques matériels du Groupe
- D'autre part, le GSE a été calibré à partir de séries de données Datastream. La provenance des données historiques est, par conséquent, tout à fait claire et ces données sont disponibles à tout moment pour recalibrer le GSE.

Ajustements effectués sur les hypothèses de volatilité

Dans l'ancien modèle, des ajustements étaient effectués sur les volatilités observées des spreads de crédit afin que les écarts de rendement entre obligations d'Etat et obligations de sociétés privées ne puissent pas être inférieurs à - 1%.

Ces ajustements ne sont plus nécessaires dans le cadre de la nouvelle méthodologie puisque les spreads entre les obligations d'Etat et les obligations de notation équivalente à AA sont issus d'un modèle satellite déterminant le logarithme de l'écart de rendement via une régression linéaire sur des variables issues du GSE. La modélisation via le logarithme mène, par construction, à un écart de rendement positif dans tous les cas. Cela est conforme à la vision économique souhaitant être reflétée dans le nouveau modèle.

3.1.2.3 Limites en termes de qualité des données d'entrée

L'utilisation du nouveau modèle de calcul de la VaR retraite va indirectement permettre une amélioration des données issues des rapports d'actifs de couverture complétés par les gestionnaires.

En effet, le niveau de granularité assez fin actuellement demandé dans les rapports d'actifs rend l'information parfois difficile à fournir par les gestionnaires qui ne disposent pas directement dans leur système des informations demandées sous le même format. Ces dernières doivent donc être retraitées par les gestionnaires pour correspondre aux rubriques du rapport, ce qui n'est pas toujours fait compte tenu des contraintes de délai ou de budget.

La nouvelle modélisation envisagée regroupe certaines classes d'actifs et nécessite ainsi une moindre granularité du rapport. Cette simplification va permettre aux entités locales d'exiger une plus grande précision dans les données remontées dans les mêmes délais et le même budget.

Les données de sensibilité des obligations, notamment, devraient être plus fiables.

3.2 Présentation de la méthodologie du nouveau modèle

Le nouveau modèle a été développé en interne contrairement au modèle existant. Il s'agit d'un modèle de VaR stochastique à horizon un an avec un seuil de confiance de 99,90%, développé sous Python.

3.2.1 Données d'entrée du modèle

3.2.1.1 Engagements de retraite et actifs de couverture

Comme dans le cadre du modèle initial, les données relatives aux engagements de retraite nécessaires au calcul de la VaR proviennent de l'ensemble des données collectées par RHG C&B auprès des entités locales dans le cadre de la consolidation annuelle des engagements sociaux.

Pour rappel, elles sont issues :

- Pour le passif (« DBO » ou engagement de l'employeur) : des évaluations actuarielles réalisées par les actuaires locaux et revues par RHG C&B.
- Pour les actifs de couverture : d'un rapport spécifique préparé par les gestionnaires d'actifs présentant la répartition des actifs entre différentes classes d'actifs ainsi que certains paramètres spécifiques à ces classes d'actifs comme la sensibilité des obligations, par exemple.

L'objet du modèle de calcul est d'estimer l'impact des engagements de retraite du Groupe sur les capitaux propres du Groupe. Ainsi, seule une partie des données collectées à des fins comptables sont prises en compte pour alimenter le fichier de données nécessaire au calcul de la VaR.

Au passif, les données prises en compte dans le nouveau modèle de VaR sont les suivantes :

Données du plan de retraite	
Pays	Nom du pays
Devise	EUR / GBP / USD / CHF
Duration	Duration du plan de retraite
DBO	Montant de l'engagement de retraite (« <u>Defined Benefit</u> Obligation ») à la date de calcul en devise locale
$Sensibilité_{DR+1\%} DBO$	Sensibilité de l'engagement à une hausse de 1% du taux d'actualisation en % de la DBO à la date de calcul
$Sensibilité_{DR-1\% \text{ flooré}} DBO$	Sensibilité de l'engagement à une baisse de 1% du taux d'actualisation (avec un taux plancher à 0%) en % de la DBO à la date de calcul
$Sensibilité_{inflation} DBO$	Sensibilité de l'engagement à une hausse de 1% du taux d'inflation en % de la DBO à la date de calcul
<u>Funding</u> DBO	Pour une de nos filiales au Royaume-Uni ayant une stratégie spécifique de couverture : Montant de l'engagement sur une base de financement (et non plus normative IAS 19) à la date de clôture . A noter que les hypothèses actuarielles utilisées pour la valorisation sur la base financement (taux d'actualisation, taux d'inflation et table de mortalité) répondent à des exigences locales et sont différentes des hypothèses normatives.
Hypothèses actuarielles	
DR	Taux d'actualisation (« <u>Discount Rate</u> ») utilisé à la date de calcul pour valoriser l'engagement de retraite. Ce taux dépend de la durée du plan de retraite.
Inflation	Taux d'inflation utilisé à la date de calcul pour valoriser l'engagement de retraite. Ce taux dépend de la durée du plan de retraite.

Figure 18 : Données d'entrée côté passif alimentant le nouveau modèle de VaR

Retraitements sur les données au passif :

Comme dans le cadre du modèle de calcul initial, certains retraitements manuels doivent être effectués sur les données de sensibilité au taux d'actualisation.

Pour rappel, lors de l'implémentation, en 2015, de l'outil de consolidation des données relatives aux plans de retraite, le choix a été fait de limiter l'univers des taux d'actualisation aux taux positifs ou nuls. L'univers des taux était tel que le sujet des taux d'actualisation négatifs a été considéré comme non prioritaire. Ainsi, la sensibilité de l'engagement à une baisse du taux d'actualisation demandé dans les évaluations actuarielles a été limitée à une baisse aboutissant à un taux d'actualisation à 0% dans le cas où le taux d'actualisation serait inférieur à 1%.

Or, compte tenu du contexte actuel des taux d'intérêt et du fait que le niveau de confiance choisi pour le calcul de la VaR est de 99,90%, l'univers des taux d'actualisation ne peut être limité aux taux positifs. Il convient donc de retraiter la donnée de sensibilité à une baisse de 1% du taux d'actualisation afin qu'elle ne soit plus limitée à 0%. Ainsi, lorsque la sensibilité collectée est basée sur un taux d'actualisation inférieur à 1%, la donnée est simplement retraitée en appliquant une règle de trois :

$$Sensibilité_{DR-1\%DBO} = \frac{Sensibilité_{DR-1\%flooréDBO}}{Min(DR;1)},$$

De même, quand le taux d'actualisation sur lequel est basée la sensibilité est 0%, l'outil de consolidation des engagements de retraite fait ressortir un impact nul à une baisse de 1% du taux d'actualisation puisque cet impact est limité à un taux d'actualisation des engagements à 0%.

Dans ce cas, la sensibilité de l'engagement à une baisse de 1% est supposée égale à l'inverse de la sensibilité à une hausse de 1% du taux d'actualisation.

Données manquantes au passif :

Pour certains plans de retraite, certaines données nécessaires au calcul n'ont pas été complétées par les entités locales dans le cadre de la clôture. Il s'agit notamment des données relatives à la sensibilité de l'engagement à l'évolution des taux d'actualisation et d'inflation.

Pour ces plans, nous sommes forcés de considérer que l'engagement n'est pas sensible à l'évolution des taux d'actualisation et d'inflation. Ces plans représentent un montant non significatif en termes d'engagement total : 0,03% de l'engagement total des plans de retraite pris en compte dans le calcul du risque retraite au 31 décembre 2019.

A l'actif, les données d'entrée du modèle proviennent des rapports d'actifs qui donnent la répartition de la valeur de marché des actifs par classe via un fichier prédéfini.

A ce stade de mise en place du nouveau modèle, le rapport d'actifs utilisé pour alimenter le nouveau modèle est encore celui qui avait été mis en place pour le modèle initial. En effet, sur l'exercice 2020, les deux modèles de calcul de la VaR retraite sont utilisés en parallèle. Il nous est donc nécessaire de conserver la granularité du rapport qui était utilisé jusqu'à présent.

Cependant, étant donné que la nouvelle méthodologie mise en place requière la projection des différentes classes d'actifs en fonction d'un nombre limité de variables économiques disponibles, certaines classes d'actifs sont, de fait, regroupées.

Nous considérons que ces regroupements font tout à fait sens et que le modèle ne perd pas en fiabilité. Il a donc été décidé de simplifier le rapport demandé aux gestionnaires d'actifs à compter du premier trimestre 2021, date de remplacement définitif du modèle utilisé actuellement par le nouveau modèle développé.

D'ici à la mise en place du nouveau format des rapports d'actifs, les classes d'actifs du rapport actuel sont regroupées de la façon suivante :

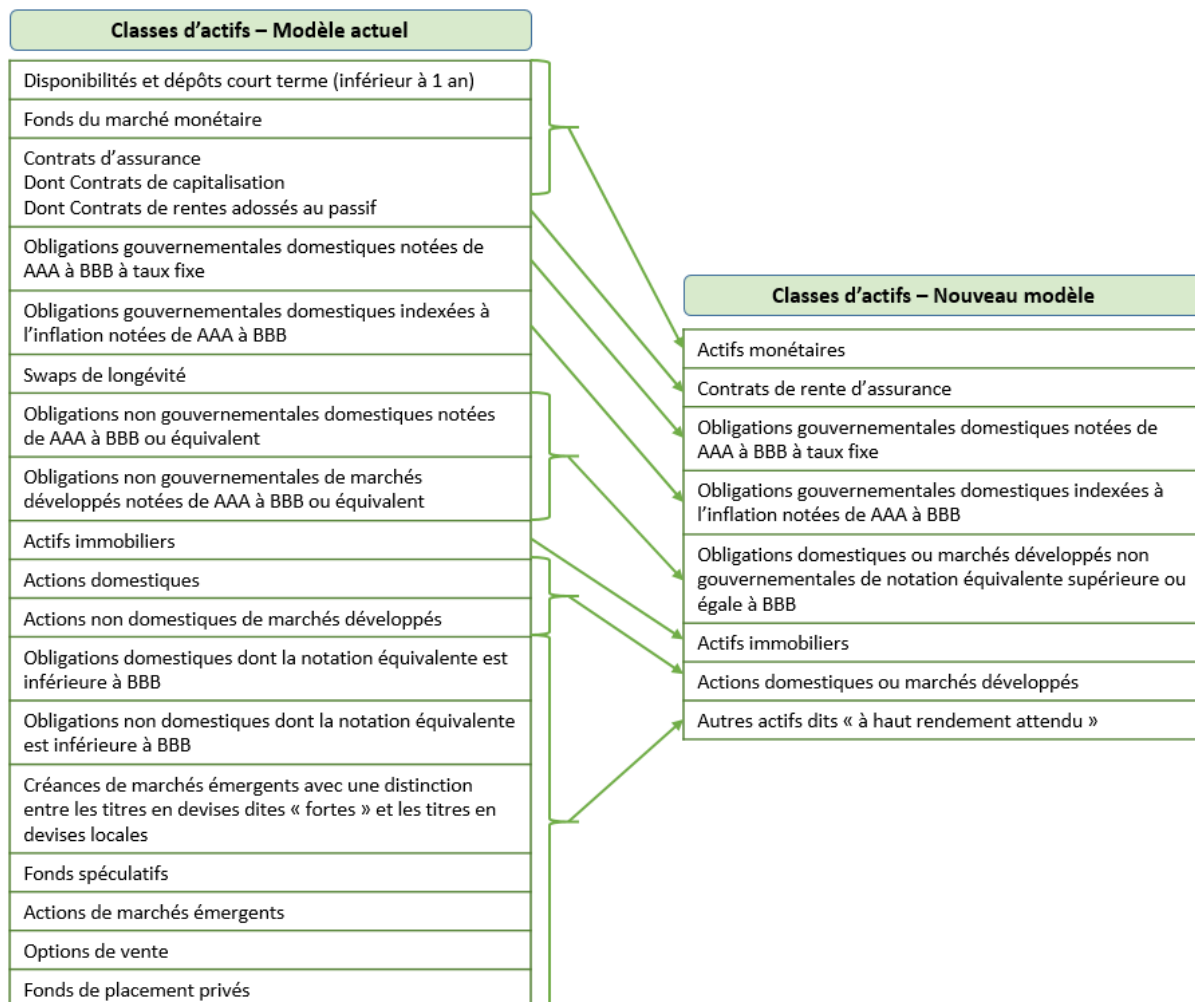


Figure 19 : Classes d'actifs prises en compte dans le nouveau modèle de calcul

Pour rappel, dans le modèle utilisé actuellement, les actifs de certains plans (contrats de rentes d'assurance et contrats d'assurance individuels notamment) étaient nettés avec le passif (« DBO ») car le modèle ne permettait pas une correcte modélisation du risque afférent à ces actifs.

Dans le cadre du nouveau modèle développé, ces actifs peuvent être modélisés de façon cohérente avec leur nature de risque et leur niveau d'adossement avec les engagements de retraite.

Retraitements sur les données à l'actif :

Le principal retraitement effectué, outre le regroupement de certaines classes d'actifs, est l'estimation de la sensibilité des obligations lorsqu'elle est manquante. Comme dans le cadre du modèle initial, elle est estimée de la façon suivante :

- Pour les obligations gouvernementales, la sensibilité est approximée par le minimum entre la durée du plan de retraite et 10 ans ;
- Pour les obligations non gouvernementales, la sensibilité est approximée par le minimum entre la durée du plan et 5 ans.

Dans le cadre du nouveau format de rapport d'actifs qui sera mis en place à partir du premier trimestre 2021, les sensibilités des obligations apparaîtront comme des données obligatoires à compléter avant de pouvoir valider le rapport. Cela nous permettra de fiabiliser la donnée.

3.2.1.2 Hypothèses économiques du modèle

Le nouveau modèle de calcul du risque retraite dans le cadre de l'ICAAP Groupe repose sur la projection des données de clôture à un an sur la base de scénarios provenant du Générateur de Scénarios Economiques (GSE) développé pour l'ensemble du Groupe BNPP.

Les hypothèses économiques, considérées comme étant les facteurs de risque dans le cadre du nouveau modèle, proviennent du GSE. Il convient toutefois de faire la distinction entre deux types de variables :

- Celles qui sont totalement intégrées au GSE du Groupe et ont été développées dans le cœur du générateur, et ;
- Celles qui ont été développées spécifiquement pour les besoins de calcul du risque retraite. Elles sont issues de modèles satellites construits comme des régressions linéaires de variables issues du GSE.

Ces variables sont donc tout à fait cohérentes avec les scénarios du générateur mais elles ne rétroagissent pas sur les variables développées au cœur du GSE.

Les différentes hypothèses économiques alimentant le nouveau modèle sont les suivantes :

Facteur de risque	Notation	Provenance	Zone monétaire
Taux d'intérêt court terme (3 mois)	IR_{3M}	GSE	EUR / USD / GBP / CHF
Taux d'intérêt long terme (10 ans)	IR_{10Y}	GSE	EUR / USD / GBP / CHF
Taux d'inflation court terme (indice des prix à la consommation à 1 an)	CPI	GSE	EUR / USD / GBP / CHF
Taux d'inflation long terme (15 ans)	LT_INF	Modèle satellite	EUR / USD / GBP
Spread AA	$Spread$	Modèle satellite	EUR / USD / GBP / CHF
Rendement à un an des actions	μ_{Equ}	GSE	EUR / USD / GBP / CHF
Rendement à un an des actifs immobiliers	μ_{Prop}	Modèle satellite	EUR / USD / GBP / CHF
Cours de change	$Exchange_rate$	GSE	EUR / USD / GBP / CHF

Figure 20 : Hypothèses économiques du nouveau modèle de calcul

3.2.1.2.1 Générateur de Scenarios Economiques du Groupe (GSE)

Le Générateur de Scenarios Economiques a été développé en interne par une équipe appartenant au département Risques de la Banque.

La méthodologie retenue pour le GSE est un modèle GVAR (« Global Vector Autoregressive ») (Pesaran & Bianchi (2004)). Le modèle GVAR est un modèle global qui agrège des modèles spécifiques par pays de façon globale et cohérente afin de générer des estimations pour toutes les variables retenues et pour tous les pays simultanément. Pour un pays donné, ce modèle spécifique contient des variables non domestiques qui sont des moyennes pondérées de variables domestiques des autres pays pris en compte dans le modèle global. Ces moyennes pondérées sont construites de telle sorte qu'elles reflètent le modèle de commerce international du pays considéré.

Tout en ayant accès à des données historiques limitées, ce type de méthodologie permet de construire un modèle prenant en compte de façon cohérente les interactions entre les économies des pays inclus sous des angles différents qui interagissent entre eux :

- Dépendance directe des facteurs macro-économiques d'un pays par rapport à ceux des autres pays ;
- Dépendance de certaines variables spécifiques à un pays donné par rapport à des variables qui apparaissent comme exogènes (par exemple, l'évolution du cours du pétrole) ;
- Dépendance entre pays par rapport à des chocs régionaux ou sectoriels spécifiques via une covariance inter-pays.

Le GSE a été calibré à partir de données macroéconomiques élémentaires tels que les indices boursiers de référence des quatre zones monétaires, FTSE pour la zone GBP par exemple.

Les équipes en charge au sein du département Risques continuent d'affiner cette calibration. La crise de la COVID-19 aura un impact sur cette nouvelle calibration afin, notamment, de mieux prendre en compte l'intervention des banques centrales dans les projections en temps de crise. Cette modification impactera l'ampleur des scénarios économiques et, par conséquent, le résultat de la VaR liée au risque retraite.

N'ayant pas participé à son élaboration, le GSE ne fera pas l'objet d'une documentation spécifique dans le cadre de ce mémoire.

Les variables nécessaires au calcul de VaR pour le risque retraite nous sont transmises par cette équipe à chaque date de calcul.

3.2.1.2.2 Modèles satellites

Au cours de la phase de conception du nouveau modèle de calcul de VaR pour le risque retraite, certaines hypothèses fondamentales pour la modélisation de ce risque n'ont pas pu être intégrées au GSE.

Il s'agit des hypothèses suivantes :

- Taux d'inflation long terme (15 ans) : pour les zones monétaires EUR, USD et GBP uniquement en raison du manque de données historiques sur la zone CHF. Le taux d'inflation long-terme pour la zone CHF est estimé sur la base du taux d'inflation de la zone EUR. Il a été fixé au taux d'inflation de la zone EUR moins 70bps, sur la base de l'écart constaté au 31/12/2019.
- Ecart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA
- Rendement à un an des actifs immobiliers

En effet, ces hypothèses indispensables au calcul de la VaR au titre des engagements sociaux ne l'étaient pour d'autres risques plus significatifs pour la Banque, comme le risque de crédit par exemple. Or, l'historique de données disponibles pour la calibration du GSE ne permettait pas d'intégrer toutes les variables nécessaires au calcul de VaR sur tous les risques matériels de la Banque.

Il a donc été nécessaire, dans un timing très contraint, de trouver une solution homogène pour toutes les variables nécessaires non disponibles dans le GSE, que ce soit pour le calcul du risque retraite ou pour d'autres risques matériels de la banque dont toutes les hypothèses ne pouvaient pas non plus être modélisées au cœur du GSE. Nous nous sommes donc orientés vers une famille de modèles dont nous nous attendions à ce qu'elle donne des résultats satisfaisants pour toutes les variables.

Pour les variables du risque retraite concernées (spreads de crédit et rendement des actifs immobiliers des 4 zones EUR / GBP / USD / CHF et inflation LT des 3 zones EUR / GBP / USD), nous avons travaillé, dans un premier temps, à la proposition de modèles autorégressifs simples ; qui était la méthodologie convenue pour toutes les variables faisant l'objet de modèles satellites. Ces travaux ont ensuite été repris par l'équipe en charge du GSE afin que toutes les hypothèses nécessaires au calcul de VaR soient produites par la même équipe.

Cette équipe a repris et appuyé l'approche de modélisation retenue pour deux raisons opérationnelles :

- Cette approche permettait d'obtenir rapidement des résultats jugés satisfaisants pour la quarantaine de variables à modéliser
- Elle permettait d'avoir une approche homogène pour tous les modèles satellites et ainsi, à la fois plus de lisibilité et également une validation interne des modèles satellites plus rapide

Cette approche comporte des limites et l'utilisation de modèles plus complexes seraient à étudier pour voir s'ils permettent d'améliorer significativement les résultats. Cette analyse n'a pas encore été menée, à ce stade du modèle ; l'objectif premier étant d'obtenir des modèles satisfaisants pour une mise en production du nouveau modèle de calcul de la VaR retraite dans les délais impartis.

Dans le cadre de ces modèles satellites, les variables sont définies à partir de modèles linéaires autorégressifs dont les variables explicatives sont des variables directement issues du GSE (Produit Intérieur Brut ou « PIB », Indice des prix à la consommation à un an, taux d'intérêt long terme et rendement à un an des actions) afin de s'assurer de la cohérence de ces variables avec les scénarios économiques du générateur.

Pour certaines variables, les séries ont été transformées en utilisant le taux de croissance sur un an afin de rendre les données modélisées stationnaires. Les autres ont été modélisées en niveau. L'historique des données utilisées pour la calibration de ces modèles satellites peut varier de quelques années en fonction des variables. Il s'agit de séries Datastream. Pour les variables incluses dans le GSE, les séries historiques utilisées pour calibrer les modèles satellites sont identiques à celles utilisées lors de la calibration du GSE.

Les principales caractéristiques de ces modèles sont reprises succinctement ci-après. Une description plus détaillée de chacun de ces modèles et des tests réalisés est disponible en *Annexe 3*.

Modèle linéaire retenu pour le taux d'inflation long-terme de la zone EUR

Résultats du modèle linéaire autorégressif – Taux d'inflation LT zone EUR		
Equation	$LTINF_EUR = 0,0049 + 0,8877 \times LTINFL_EUR_Lag1 + 0,1712 \times CPI_EUR_GR4,$	
Variables ⁽¹⁾	LTINF_EUR LTINF_EUR_Lag1 CPI_EUR_GR4	Taux d'inflation long terme (15 ans) zone EUR Taux d'inflation long terme zone EUR décalé d'un trimestre Croissance annuelle de l'indice des prix à la consommation de la zone EUR
Description	Modèle linéaire auto régressif d'ordre 1 dans lequel le taux d'inflation long terme zone EUR est expliqué par le taux d'inflation long terme zone EUR du trimestre précédent et le taux de croissance annuelle de l'indice des prix à la consommation de la zone EUR	
R2	87,9%	
Résidus	Respect des hypothèses classiques de normalité, non autocorrélation et homoscedasticité	

¹ Les données historiques utilisées sont des données trimestrielles portant sur la période de Q4 2009 à Q3 2019

Modèle linéaire retenu pour le taux d'inflation long-terme de la zone USD

Résultats du modèle linéaire autorégressif – Taux d'inflation LT zone USD		
Equation	$LTINF_USD = 0,0907 + 0,8434 \times LTINFL_USD_Lag1 + 0,1110 \times CPI_USD_GR4,$	
Variables ⁽¹⁾	LTINF_USD LTINF_USD_Lag1 CPI_USD_GR4	Taux d'inflation long terme (15 ans) zone USD Taux d'inflation long terme zone USD décalé d'un trimestre Croissance annuelle de l'indice des prix à la consommation de la zone USD
Description	Modèle linéaire auto régressif d'ordre 1 dans lequel le taux d'inflation long terme zone USD est expliqué par le taux d'inflation long terme zone USD du trimestre précédent et le taux de croissance annuelle de l'indice des prix à la consommation de la zone USD	
R2	76,8%	
Résidus	Respect des hypothèses classiques de normalité, non autocorrélation et homoscedasticité	

¹ Les données historiques utilisées sont des données trimestrielles portant sur la période de Q4 2009 à Q3 2019

Modèle linéaire retenu pour le taux d'inflation long-terme de la zone GBP

Résultats du modèle linéaire autorégressif – Taux d'inflation LT zone GBP		
Equation	$LTINF_GBP = 0,5440 + 0,5616 \times LTINFL_GBP_Lag1 + 0,0952 \times LR_GBP_GR4,$	
Variables ⁽¹⁾	LTINF_GBP LTINF_GBP_Lag1 LR_GBP_GR4	Taux d'inflation long terme (15 ans) zone GBP Taux d'inflation long terme zone GBP décalé d'un trimestre Evolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de la zone GBP
Description	Modèle linéaire auto régressif d'ordre 1 dans lequel le taux d'inflation long terme zone GBP est expliqué par le taux d'inflation long terme zone GBP du trimestre précédent et l'évolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de la zone GBP	
R2	49,7%	
Résidus	Respect des hypothèses classiques de normalité et de non autocorrélation mais présence d'hétéroscedasticité	

¹ Les données historiques utilisées sont des données trimestrielles portant sur la période de Q4 2009 à Q3 2019

Modèle linéaire retenu pour le spread AA sur la zone EUR

Résultats du modèle linéaire autorégressif – AA Corporate spread zone EUR		
Equation	$\lnCS_EUR = 0,2110 + 0,8538 \times \lnCS_EUR_Lag1 + 0,4593 \times EQU_EUR_GR4_Lag1,$	
Variabiles ⁽¹⁾	InCS_EUR InCS_EUR_Lag1 EQU_EUR_GR4_Lag1	Logarithme du spread AA pour la zone EUR Logarithme du spread AA pour la zone EUR décalé d'un trimestre Croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone EUR décalé d'un trimestre
Description	Modèle linéaire auto régressif d'ordre 1 dans lequel le logarithme de l'écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA de la zone EUR est expliqué par cette même variable décalée d'un trimestre et la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone EUR du trimestre précédent	
R2	57,3%	
Résidus	Respect des hypothèses classiques de normalité, non autocorrélation et homoscedasticité	

¹ Les données historiques utilisées sont des données trimestrielles portant sur la période de Q1 2010 à Q4 2019

Modèle linéaire retenu pour le spread AA sur la zone USD

Résultats du modèle linéaire autorégressif – AA Corporate spread zone USD		
Equation	$\lnCS_USD = 0,2110 + 0,8591 \times \lnCS_USD_Lag1 + 0,4545 \times EQU_USD_GR4_Lag1,$	
Variabiles ⁽¹⁾	InCS_USD InCS_USD_Lag1 EQU_USD_GR4_Lag1	Logarithme du spread AA pour la zone USD Logarithme du spread AA pour la zone USD décalé d'un trimestre Croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone USD décalé d'un trimestre
Description	Modèle linéaire auto régressif d'ordre 1 dans lequel le logarithme de l'écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA de la zone USD est expliqué par cette même variable décalée d'un trimestre et la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone USD du trimestre précédent	
R2	60,2%	
Résidus	Respect des hypothèses classiques de normalité, non autocorrélation et homoscedasticité	

¹ Les données historiques utilisées sont des données trimestrielles portant sur la période de Q1 2010 à Q4 2019

Modèle linéaire retenu pour le spread AA sur la zone GBP

Résultats du modèle linéaire autorégressif – AA Corporate spread zone GBP		
Equation	$\lnCS_GBP = 0,2909 + 0,8017 \times \lnCS_GBP_Lag1 - 0,4990 \times EQU_GBP_GR4 + 0,0425 \text{ CPI_GBP_GR4},$	
Variabiles ⁽¹⁾	InCS_GBP InCS_GBP_Lag1 EQU_GBP_GR4 CPI_GBP_GR4	Logarithme du spread AA pour la zone GBP Logarithme du spread AA pour la zone GBP décalé d'un trimestre Croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone GBP Croissance annuelle de l'indice des prix à la consommation de la zone GBP
Description	Modèle linéaire auto régressif d'ordre 1 dans lequel le logarithme de l'écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA de la zone GBP est expliqué par cette même variable décalée d'un trimestre, la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone GBP et la croissance annuelle de l'indice des prix à la consommation de cette même zone	
R2	82,7%	
Résidus	Respect des hypothèses classiques de normalité, non autocorrélation et homoscedasticité	

¹ Les données historiques utilisées sont des données trimestrielles portant sur la période de Q1 2010 à Q4 2019

Modèle linéaire retenu pour le spread AA sur la zone CHF

Résultats du modèle linéaire autorégressif – AA Corporate spread zone CHF		
Equation	$\ln CS_CHF = 0,3596 + 0,7636 \times \ln CS_CHF_Lag1 - 0,2887 \times EQU_CHF_GR4,$	
Variables ⁽¹⁾	lnCS_CHF lnCS_CHF_Lag1 EQU_CHF_GR4	Logarithme du spread AA pour la zone CHF Logarithme du spread AA pour la zone CHF décalé d'un trimestre Croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone CHF
Description	Modèle linéaire auto régressif d'ordre 1 dans lequel le logarithme de l'écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA de la zone CHF est expliqué par cette même variable décalée d'un trimestre et la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de cette même zone	
R2	60,6%	
Résidus	Respect des hypothèses classiques de normalité, non autocorrélation et homoscedasticité	

¹ Les données historiques utilisées sont des données trimestrielles portant sur la période de Q1 2010 à Q4 2019

Modèle linéaire retenu pour le rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone EUR

Résultats du modèle linéaire autorégressif – Rendement immobilier zone EUR		
Equation	$RE_EUR_GR4 = - 0,0006 + 0,3764 \times RE_EUR_GR4_Lag1 + 0,2863 \times EQU_EUR_GR4 - 0,0300 LR_EUR_GR4,$	
Variables ⁽¹⁾	RE_EUR_GR4 RE_EUR_GR4_Lag1 EQU_EUR_GR4 LR_EUR_GR4	Rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone EUR Rendement à un an des actifs immobiliers zone EUR décalé d'un trimestre Croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone EUR Evolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de la zone EUR
Description	Modèle linéaire auto régressif d'ordre 1 dans lequel le rendement à un an des actifs immobiliers de la zone EUR est expliqué par cette même variable décalée d'un trimestre, la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone EUR et l'évolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de cette même zone	
R2	71,8%	
Résidus	Respect des hypothèses classiques de normalité, non autocorrélation et homoscedasticité	

¹ Les données historiques utilisées sont des données trimestrielles portant sur la période de Q1 2010 à Q4 2019

Modèle linéaire retenu pour le rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone USD

Résultats du modèle linéaire autorégressif – Rendement immobilier zone USD		
Equation	$RE_USD_GR4 = - 0,0010 + 0,5597 \times RE_USD_GR4_Lag1 + 0,4043 \times EQU_USD_GR4 - 0,0265 LR_USD_GR4,$	
Variables ⁽¹⁾	RE_USD_GR4 RE_USD_GR4_Lag1 EQU_USD_GR4 LR_USD_GR4	Rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone USD Rendement à un an des actifs immobiliers zone USD décalé d'un trimestre Croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone USD Evolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de la zone USD
Description	Modèle linéaire auto régressif d'ordre 1 dans lequel le rendement à un an des actifs immobiliers de la zone USD est expliqué par cette même variable décalée d'un trimestre, la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone USD et l'évolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de cette même zone	
R2	78,8%	
Résidus	Respect des hypothèses classiques de normalité et d'homoscedasticité mais présence d'autocorrélation des résidus	

¹ Les données historiques utilisées sont des données trimestrielles portant sur la période de Q1 2000 à Q4 2019

Modèle linéaire retenu pour le rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone GBP

Résultats du modèle linéaire autorégressif – Rendement immobilier zone GBP		
Equation	$RE_GBP_GR4 = - 0,0003 + 0,6095 \times RE_GBP_GR4_Lag1 + 0,3707 \times EQU_GBP_GR4,$	
Variables ⁽¹⁾	RE_GBP_GR4	Rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone GBP
	RE_GBP_GR4_Lag1	Rendement à un an des actifs immobiliers zone GBP décalé d'un trimestre
	EQU_USD_GR4	Croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone GBP
Description	Modèle linéaire auto régressif d'ordre 1 dans lequel le rendement à un an des actifs immobiliers de la zone GBP est expliqué par cette même variable décalée d'un trimestre et la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de cette même zone	
R2	58,7%	
Résidus	Respect des hypothèses classiques de normalité et de non autocorrélation mais présence d'hétéroscédasticité des résidus	

¹ Les données historiques utilisées sont des données trimestrielles portant sur la période de Q1 2010 à Q4 2019

Modèle linéaire retenu pour le rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone CHF

Résultats du modèle linéaire autorégressif – Rendement immobilier zone CHF		
Equation	$RE_CHF_GR4 = - 0,0005 + 0,7628 \times RE_CHF_GR4_Lag1 + 0,0995 \times EQU_CHF_GR4 - 0,0393 LR_CHF_GR4,$	
Variables ⁽¹⁾	RE_CHF_GR4	Rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone CHF
	RE_CHF_GR4_Lag1	Rendement à un an des actifs immobiliers zone CHF décalé d'un trimestre
	EQU_CHF_GR4	Croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone CHF
	LR_CHF_GR4	Evolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de la zone CHF
Description	Modèle linéaire auto régressif d'ordre 1 dans lequel le rendement à un an des actifs immobiliers de la zone CHF est expliqué par cette même variable décalée d'un trimestre, la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone CHF et l'évolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de cette même zone	
R2	70,0%	
Résidus	Respect des hypothèses classiques de normalité, non autocorrélation et homoscedasticité	

¹ Les données historiques utilisées sont des données trimestrielles portant sur la période de Q1 2010 à Q4 2019

3.2.2 Calculs effectués par le modèle

Le nouveau modèle de calcul de la VaR au titre du risque retraite s'appuie sur la méthodologie Monte Carlo. Cette méthodologie prévoit :

- La simulation un grand nombre de fois des comportements futurs possibles des facteurs de risque ;
- A partir desquels est estimée une distribution de pertes ;
- Qui permet d'en déduire la VaR, à partir du niveau de confiance α choisi.

La figure ci-après reprend de façon synthétique les différentes étapes du modèle.

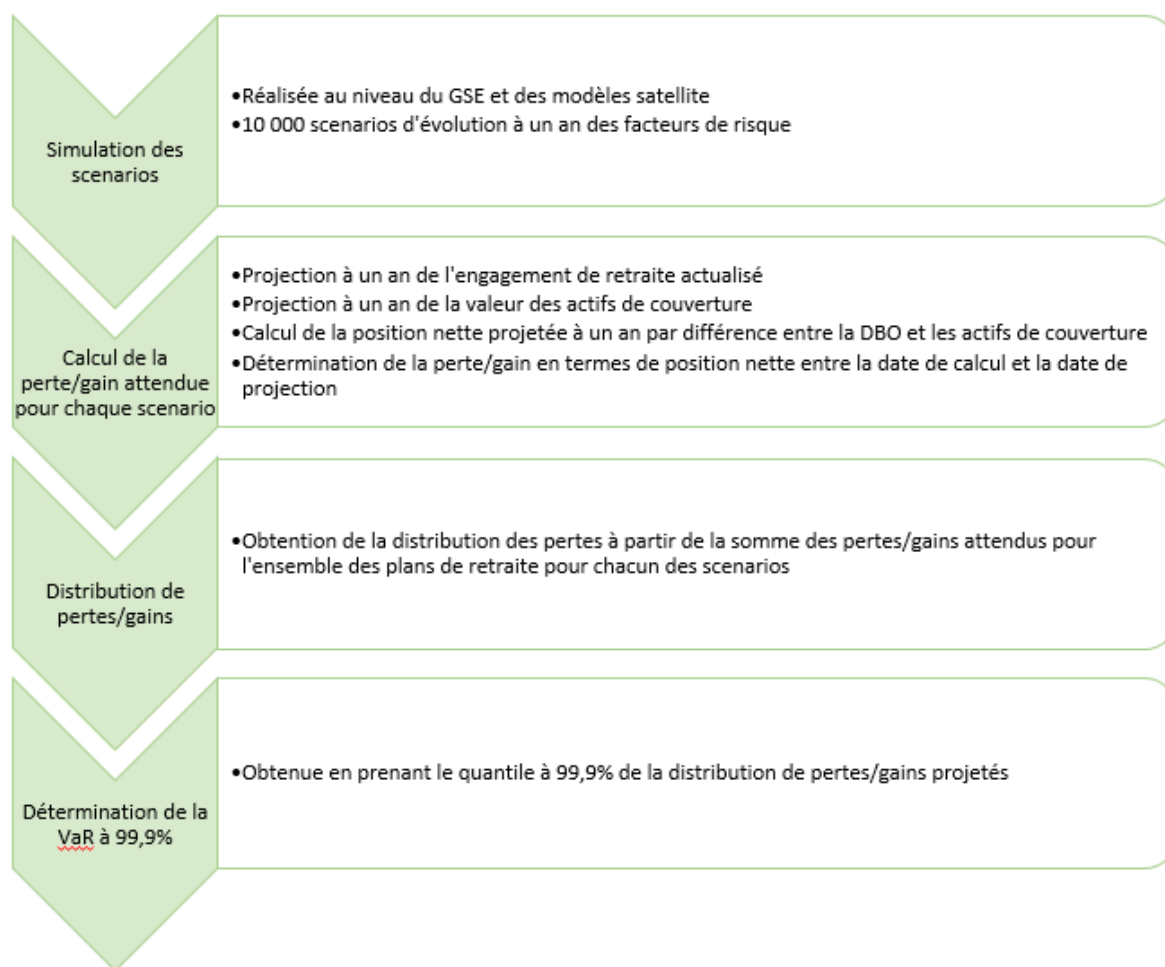


Figure 21 : Méthodologie du nouveau modèle de calcul

3.2.2.1 Projection à un an de l'engagement

3.2.2.1.1 Principe de projection

Le montant de l'engagement de retraite à un instant t dépend de nombreuses hypothèses : notamment, taux d'actualisation, taux d'inflation, taux d'évolution des salaires, taux de revalorisation des rentes – le cas échéant – table de mortalité et taux de rotation du personnel.

Toutefois, deux de ces hypothèses ont un impact majeur sur l'évolution de l'engagement de retraite : le taux d'actualisation et le taux d'inflation. Ainsi, seules les sensibilités à une évolution du taux d'actualisation et du taux d'inflation sont fournis par les actuaires.

Par conséquent, nous ne tenons compte, lors de la projection de l'engagement de retraite à un an, que de l'évolution de ces deux hypothèses.

Ainsi, pour chaque scénario et chaque plan de retraite, la valeur projetée à un an de l'engagement de retraite est fonction de différents paramètres et données :

$$DBO_{N+1} = f(DBO_N, \text{Sensibilités } DBO_N, \text{Duration}, \Delta DR, \Delta \text{inflation}),$$

Avec : DBO_{N+1} : l'engagement de retraite actualisé à la date de projection ;
 Sensibilités DBO_N : les sensibilités à la hausse et à la baisse du taux d'actualisation et du taux d'inflation ;
 Duration : la durée de l'engagement de retraite

ΔDR : la variation du taux d'actualisation de l'engagement de retraite entre la date de calcul et la date de projection

$\Delta inflation$: la variation du taux d'inflation pris comme hypothèse dans le calcul de l'engagement de retraite entre la date de calcul et la date de projection

3.2.2.1.2 Evolution du taux d'actualisation entre la date de calcul et la date de projection

Choix de méthodologie

Le taux d'actualisation utilisé pour le calcul de l'engagement de retraite à un an (DR_{N+1}) est, pour chacun des scénarios, le taux d'actualisation à la date de calcul (DR_N) impacté :

- De la variation du taux d'intérêt calculée à partir des hypothèses du GSE et de la duration du plan de retraite (ΔIR_{GSE}) ;
- De la variation de l'écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de société de notation AA calculée à partir des hypothèses issues des modèles satellites ($\Delta Spread_{GSE}$)

$$DR_{N+1} = DR_N + \Delta IR_{GSE} + \Delta Spread_{GSE},$$

Dans une première approche, nous avons envisagé de définir le taux d'actualisation à la date de projection comme étant la somme, pour chacun des scénarios, du taux d'intérêt issu du GSE et du spread issu du modèle satellite. Cependant, nous nous sommes rendus compte d'une différence de niveau à certaines dates entre le taux d'actualisation normatif (« taux d'intérêt des obligations de sociétés de haute qualité ») et le taux déduit des données de marché utilisées pour la calibration du GSE. Cela entraînait un biais dans le calcul de la valeur projetée de l'engagement de retraite.

Avant de valider ce choix de méthode, nous nous sommes assurés que les chroniques de taux normatifs et de taux de marché présentent des évolutions comparables sur un historique de 10 ans comme le montrent les graphes ci-dessous.

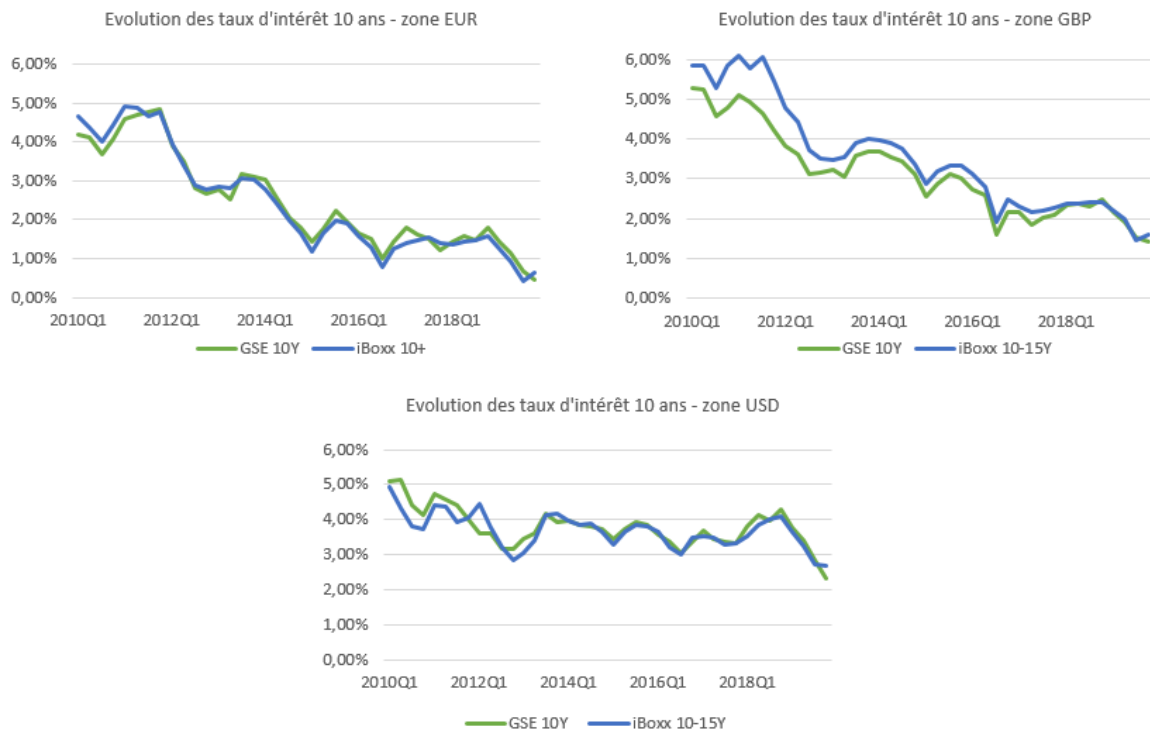


Figure 22 : Comparaison des taux normatifs et taux de marché

Méthode de calcul de la variation du taux d'intérêt : ΔIR_{GSE}

Le taux d'intérêt applicable à un plan de retraite dépend de la durée de ce dernier. Etant donné que les hypothèses du générateur donnent 2 points : le taux 3 mois (IR_{3M}) et le taux 10 ans (IR_{10Y}), il a été nécessaire de choisir une méthode d'interpolation du taux d'intérêt.

Dans une première version du nouveau modèle, une simple interpolation linéaire entre les taux d'intérêt court terme et long terme a été mise en place, avec une limitation de la durée du plan à 15 ans lorsque celle-ci est supérieure, afin d'obtenir des taux interpolés cohérents pour les plans ayant des durées très longues :

$$IR_{Duration} = (IR_{10Y} - IR_{3M}) / (10 - 0,25) \times \text{Min}(Duration - 0,25, 15) + IR_{3M},$$

Dans la version actuelle du modèle, la méthode retenue pour l'interpolation des taux d'intérêt, pour 3 des 4 zones monétaires (à l'exception de la zone CHF pour laquelle il y a peu de données historiques), est la construction de courbes de taux d'intérêt établies selon la méthode de Nelson-Siegel ([Nelson C. R. et Siegel A. F., 1987](#)). Cette méthode paramétrique est communément utilisée sur le marché pour modéliser les taux d'intérêt.

Ainsi, pour tout couple (taux court, taux long) d'un univers de taux que nous avons défini pour couvrir un ensemble assez large de scénarios, nous paramétrons une courbe de taux par durée selon la méthodologie de Nelson-Siegel.

L'univers de taux défini est le suivant :

- Les taux courts vont de -3% à 5% avec un pas de 0,5%
- Les taux longs vont de -2% à 6% avec un pas de 0,5%

Les durées considérées visent à couvrir les durées de l'ensemble des plans de retraite du Groupe : de 0 à 30 ans par pas de 0,5 an.

Afin de gagner en temps de calcul lors du lancement du modèle de calcul de la VaR, une matrice de taux est établie en amont. A noter, que nous obtenons une matrice par zone monétaire ; donc 3 matrices de taux différentes (EUR, GBP et USD). Ainsi, lors du calcul, pour déterminer le taux interpolé lors du calcul de la VaR, le modèle utilise les matrices établies en amont ainsi qu'une fonction permettant une interpolation linéaire à deux dimensions afin d'obtenir pour tout couple de taux court (IR_{3M}) et taux long (IR_{10Y}) provenant du GSE et pour la durée d'un plan donné, le taux d'intérêt correspondant.

La matrice d'interpolation se présente comme ci-dessous :

		Duration				
Taux court	Taux long	0,0	0,5	...	29,5	30
-3,00 %	-2,00 %					
-3,00 %	-1,50 %					
...	...					
-2,50%	-2,00%					
...	...					
5,00 %	5,50 %					
5,00 %	6,00 %					

Figure 23 : Matrice d'interpolation des taux d'intérêt

L'interpolation linéaire à deux dimensions (TDLI) réalisée à partir des éléments de la matrice fonctionne comme suit :

$$TDLI(a + \Delta_1, b + \Delta_2) = M(a, b) + \frac{\Delta_1}{s_1} \times (M(a + s_1, b) - M(a, b)) + \frac{\Delta_2}{s_2} \times (M(a, b + s_2) - M(a, b)),$$

Avec : $M(a, b)$: la valeur de la matrice pour le couple (a, b) ;

s_1 et s_2 : les pas définis au niveau de la matrice pour les taux et les durations

Pour déterminer les différents éléments de la matrice, nous procédons ligne à ligne, i.e. pour chaque couple (taux court, taux long) de l'univers choisi.

Ainsi, pour un couple (taux court, taux long) donné, par exemple (-3,00%, -2,00%) :

- Le taux d'intérêt correspondant à une durée donnée, par exemple 30 ans (cellule en vert dans la matrice ci-dessus), est calculé à partir de la formule fermée de Nelson-Siegel ;
- Pour utiliser la formule fermée et calculer le taux, il est nécessaire de connaître les 4 paramètres du modèle Nelson-Siegel ;
- Ces 4 paramètres sont estimés à partir de l'historique des taux iBoxx corporate AA par tranche de durée. Plus précisément, à partir de cet historique, sont déterminés 6 couples (durée, taux) par régression linéaire simple.

Reprenons ces étapes dans l'ordre de calcul du modèle :

Étape 1 – Détermination des paramètres des régressions linéaires des taux iBoxx en fonction des taux zéro-coupon court terme et long terme.

Nous cherchons ici à régresser les taux iBoxx par durée en fonction des taux zéro-coupon court terme (3 mois) et long terme (10 ans).

Les données historiques dont nous disposons sont :

- Les taux iBoxx corporate AA mensuels sur une période d'environ 15 ans, de septembre 2004 à mars 2020 pour 6 intervalles de durée : 1-3 ans ($iBoxx_{[1Y, 3Y]}$), 3-5 ans ($iBoxx_{[3Y, 5Y]}$), 5-7 ans ($iBoxx_{[5Y, 7Y]}$), 7-10 ans ($iBoxx_{[7Y, 10Y]}$), 10-15 ans ($iBoxx_{[10Y, 15Y]}$) et au-delà de 15 ans ($iBoxx_{[15Y, \infty]}$).
- Les taux zéro-coupon 3 mois (IR_{3M}) et 10 ans (IR_{10Y}) sur la même période d'environ 15 ans de septembre 2004 à mars 2020.

L'objectif de cette première étape est donc de trouver les paramètres a_k et b_k de 6 régressions linéaires distinctes : une par tranche de durée iBoxx :

$$iBoxx_{[1Y, 3Y]} = a_1 \times IR_{3M} + b_1 \times IR_{10Y} + \varepsilon,$$

$$iBoxx_{[3Y, 5Y]} = a_2 \times IR_{3M} + b_2 \times IR_{10Y} + \varepsilon,$$

$$iBoxx_{[5Y, 7Y]} = a_3 \times IR_{3M} + b_3 \times IR_{10Y} + \varepsilon,$$

$$iBoxx_{[7Y, 10Y]} = a_4 \times IR_{3M} + b_4 \times IR_{10Y} + \varepsilon,$$

$$iBoxx_{[10Y, 15Y]} = a_5 \times IR_{3M} + b_5 \times IR_{10Y} + \varepsilon,$$

$$iBoxx_{[15Y, \infty]} = a_6 \times IR_{3M} + b_6 \times IR_{10Y} + \varepsilon,$$

Cette première étape est faite une seule fois indépendamment du couple (taux court, taux long) pour lequel nous cherchons à définir une courbe d'interpolation.

Le résultat de ces interpolations linéaires sur la zone EUR a été jugé plutôt satisfaisant même si on observe un décrochage au moment de la crise de 2008 sur les maturités supérieures à 7 ans.

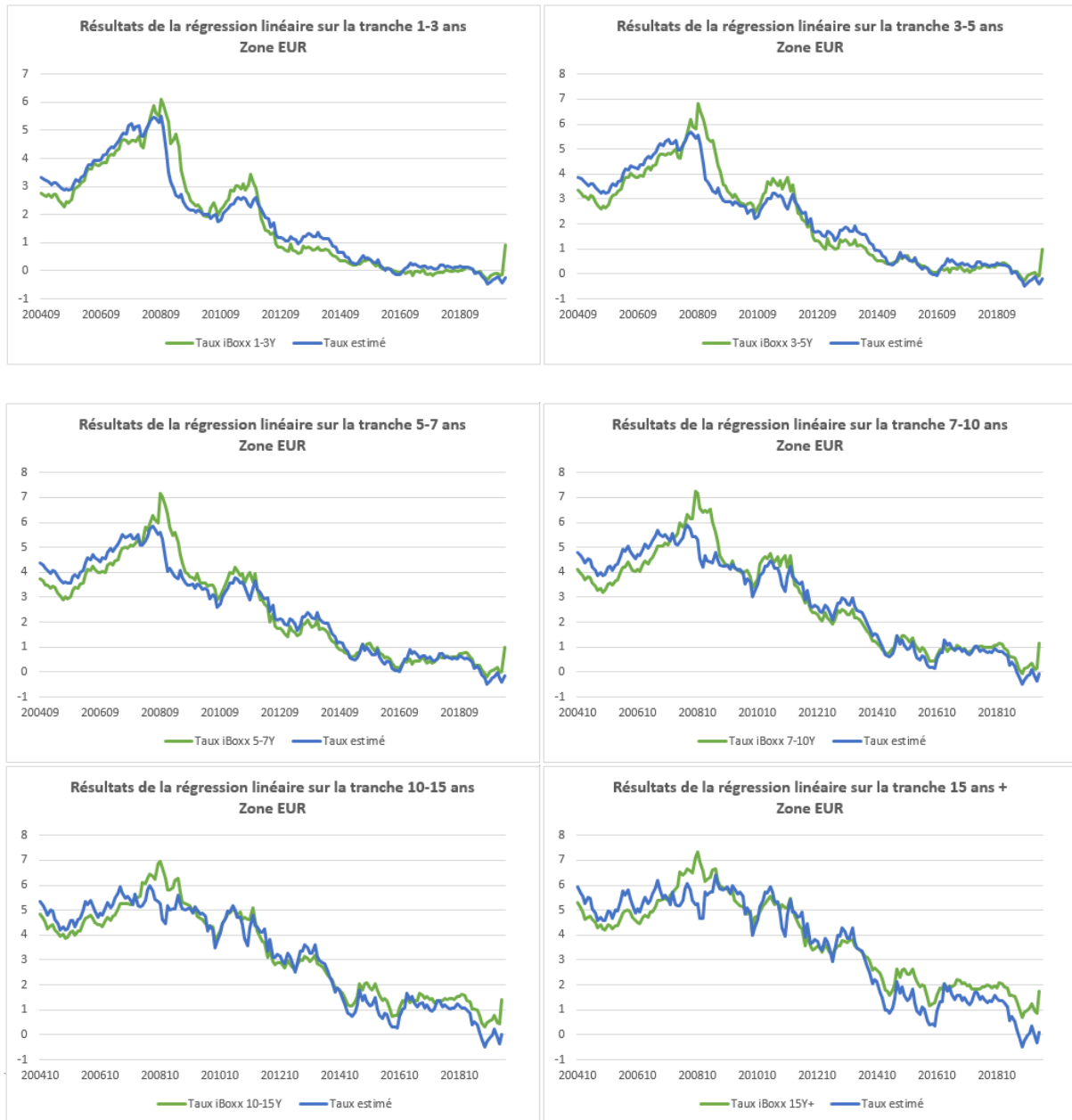


Figure 24 : Résultats des régressions linéaires par tranche de durée sur la zone EUR

Suite à cette première étape, pour un couple (taux court, taux long) défini, par exemple (-3,00%, -2,00%), les différentes étapes ci-après sont réalisées.

Etape 2 – Détermination de 6 couples (duration, taux) qui seront utilisés pour estimer les 4 paramètres de la courbe Nelson-Siegel correspondant au couple (taux court, taux long) défini

Etant donné que la duration des taux iBoxx n'est pas constante dans le temps, pour chacun des intervalles de duration iBoxx, la duration $\bar{\tau}_k$ correspond à la duration moyenne de l'intervalle sur l'historique considéré.

$$\bar{\tau}_k = \frac{\sum_{t=1}^n \tau_{k,t}}{n},$$

Avec : k : l'intervalle de duration tel que $k = (1 - 3, 3 - 5, 5 - 7, 7 - 10, 10 - 15, 15 +)$;

$\tau_{k,t}$: la duration à la date t pour chaque intervalle de duration k

Le taux r_k correspondant à la duration $\bar{\tau}_k$ est ensuite calculé à l'aide des régressions linéaires déterminées à l'étape 1. Pour un couple (taux court, taux long), et en particulier celui de l'exemple (-3,00%, -2,00%), on obtient ainsi 6 points $(\bar{\tau}_1, r_1)$, $(\bar{\tau}_2, r_2)$, $(\bar{\tau}_3, r_3)$, $(\bar{\tau}_4, r_4)$, $(\bar{\tau}_5, r_5)$ et $(\bar{\tau}_6, r_6)$ avec :

$$\begin{aligned} r_1 &= a_1 \times -3,00\% + b_1 \times -2,00\%, \\ &\dots \\ r_6 &= a_6 \times -3,00\% + b_6 \times -2,00\%, \end{aligned}$$

Etape 3 – Détermination des 4 paramètres du modèle de Nelson-Siegel à partir de ces 6 couples $(\bar{\tau}_1, r_1)$, $(\bar{\tau}_2, r_2)$, $(\bar{\tau}_3, r_3)$, $(\bar{\tau}_4, r_4)$, $(\bar{\tau}_5, r_5)$ et $(\bar{\tau}_6, r_6)$

Dans le modèle de Nelson-Siegel, les 4 paramètres à estimer sont :

- α le paramètre d'échelle
- β_0 le facteur de niveau, c'est-à-dire le taux long
- β_1 le facteur de rotation, c'est-à-dire l'écart entre le taux court et le taux long
- β_2 le facteur de pente

Tels que le taux zéro-coupon de maturité τ , $R(O, \tau)$, s'écrive :

$$R(O, \tau) = \beta_0 + \beta_1 \times \left(\frac{1 - e^{-\frac{\tau}{\alpha}}}{\frac{\tau}{\alpha}} \right) + \beta_2 \times \left(\frac{1 - e^{-\frac{\tau}{\alpha}}}{\frac{\tau}{\alpha}} - e^{-\frac{\tau}{\alpha}} \right),$$

Pour estimer les 4 paramètres de la courbe de Nelson-Siegel correspondante au couple (taux court, taux long) choisi, soit dans notre exemple (-3,00%, -2,00%), nous utilisons la méthode des moindres carrés, minimisant la somme des carrés des écarts entre le taux et le taux estimé, à partir des 6 points $(\bar{\tau}_1, r_1)$, $(\bar{\tau}_2, r_2)$, $(\bar{\tau}_3, r_3)$, $(\bar{\tau}_4, r_4)$, $(\bar{\tau}_5, r_5)$ et $(\bar{\tau}_6, r_6)$.

$$Parameters(IR_{3M}, IR_{10Y}) = \operatorname{argmin}_{\{(\alpha, \beta_0, \beta_1, \beta_2)\}} \left(\sum_{i=1}^6 \left(R(\tau_i, \alpha, \beta_0, \beta_1, \beta_2) - r_i(IR_{3M}, IR_{10Y}) \right)^2 \right),$$

Avec : (IR_{3M}, IR_{10Y}) : le couple (taux court, taux long) choisi ;

$r_i = a_i \times IR_{3M} + b_i \times IR_{10Y}$, les paramètres a_i et b_i les paramètres estimés à l'étape 1 par régression linéaire

Cette étape est réalisée pour chaque ligne de la matrice d'interpolation, i.e. pour chaque couple (taux court, taux long) avec les taux courts allant de -3% à 5% et les taux longs de -2% à 6% par pas de 0,5%. Cela représente donc 289 courbes à calibrer.

Etape 4 – Détermination du taux d'intérêt correspondant au couple (taux court, taux long) et à la durée donnée

Dans notre exemple, le taux d'intérêt calculé pour un taux court de -3,00%, un taux long de -2,00% et une durée de 30 ans est donné par :

$$R(0, \tau) = \beta_0 + \beta_1 \times \left(\frac{1 - e^{-\frac{\tau}{\alpha}}}{\frac{\tau}{\alpha}} \right) + \beta_2 \times \left(\frac{1 - e^{-\frac{\tau}{\alpha}}}{\frac{\tau}{\alpha}} - e^{-\frac{\tau}{\alpha}} \right),$$

Avec $\tau = 30$ et $(\alpha, \beta_0, \beta_1, \beta_2)$ les 4 paramètres déterminés à l'étape 2.

En effectuant ces étapes pour chaque couple (taux court, taux long) de l'univers choisi et pour chaque pas de durée, nous obtenons la matrice présentée ci-dessus pour chacune des 3 zones monétaires EUR, GBP et USD.

L'évolution du taux d'intérêt applicable au calcul de la valeur projetée de l'engagement de retraite est alors calculée par différence entre les taux d'intérêt interpolés à la date de projection et ceux interpolés à la date de calcul :

$$\Delta IR_{GSE} = IR_{GSE, N+1} - IR_N,$$

Analyse d'écart entre les deux méthodes de projection des taux d'intérêt :

Le passage de la méthode d'interpolation linéaire avec un cap de la durée à 15 ans à la méthode d'interpolation selon des courbes Nelson-Siegel a généré une légère augmentation de 5,5% du montant de la VaR au 31/12/2019.

Les courbes d'interpolation à Q4 2019 et Q4 2020 sur la base des taux d'intérêt court terme et long terme du scénario donnant la VaR, pour chacune des trois zones monétaires EUR, GBP et USD, permettent de visualiser l'apport de la nouvelle méthode d'interpolation.

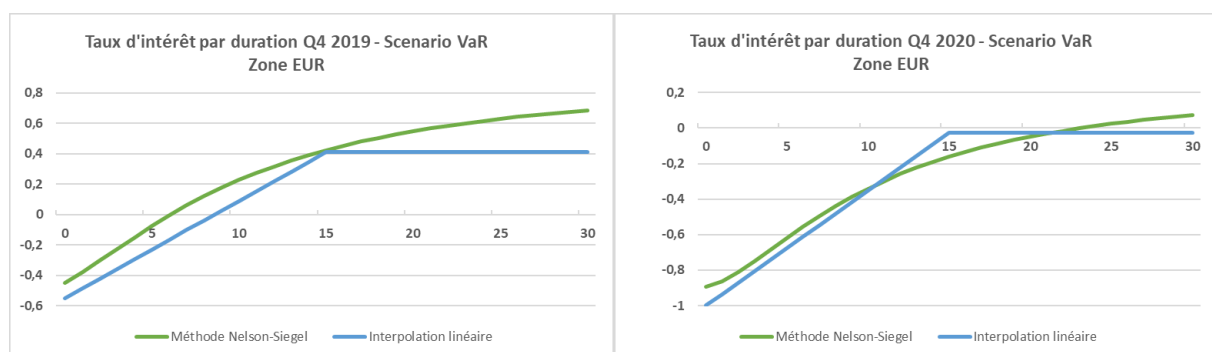




Figure 25 : Courbes d'interpolation des taux d'intérêt par durée

Afin de comprendre et de valider la légère augmentation de la VaR avec la nouvelle méthode d'interpolation, nous avons visualisé les écarts de taux entre Q4 2020 et Q4 2019 attendus dans le cadre du scénario donnant la VaR, pour chacune des zones monétaires.



Figure 26 : Ecart de taux entre Q4 2020 et Q4 2019 par durée

Ainsi, on constate que la nouvelle méthode d'interpolation des taux d'intérêt aboutit à une augmentation de l'écart de taux au niveau de la durée moyenne des plans de la zone monétaire entre Q4 2020 et Q4 2019 sur les zones EUR et GBP. Cela se traduit par une augmentation de la VaR puisqu'une baisse des taux d'intérêt impacte négativement la position nette (DBO – Actifs de couverture) des plans de retraite.

Cette augmentation de la VaR est partiellement compensée par l'effet inverse sur la zone USD : avec la méthode d'interpolation Nelson Siegel le taux d'intérêt augmente entre Q4 2019 et Q4 2020 (ce qui génère un gain sur la position nette du plan) alors qu'avec la méthode d'interpolation linéaire, le taux d'intérêt correspondant à la durée moyenne diminue.

Cependant, compte tenu de la répartition des engagements de retraite au niveau du Groupe (55% sur la zone EUR et 19% sur la zone GBP contre 7% sur la zone USD), l'impact du changement de méthode sur les zones EUR et GBP reste prépondérant.

Cela est cohérent avec l'augmentation de 5,5% de la VaR entre la méthode d'interpolation initiale des taux d'intérêt et la méthode basée sur les courbes Nelson-Siegel.

Méthode de calcul de la variation du spread AA : $\Delta Spread_{GSE}$

Contrairement à l'interpolation faite pour évaluer l'évolution du taux d'intérêt à un an, par simplification et faute de données historiques suffisantes, nous prenons, à ce stade du modèle comme hypothèse que les écarts de rendements entre obligations d'Etat et obligations de société AA sont constants quelle que soit la durée des engagements de retraite.

Ainsi, pour la zone monétaire considérée, quelle que soit la durée du plan de retraite, on a :

$$\Delta Spread_{GSE} = Spread_{GSE, N+1} - Spread_N,$$

Cette simplification introduit un biais dans le modèle puisqu'économiquement il est attendu que le spread augmente avec la durée.

3.2.2.1.3 Evolution du taux d'inflation entre la date de calcul et la date de projection

L'évolution du taux d'inflation entre la date de projection et la date de calcul ($\Delta inflation$), pour chacune des zones monétaires, est calculée à partir de :

- L'hypothèse d'indice des prix à la consommation assimilé dans le modèle à l'inflation court terme (CPI_{GSE}) provenant du GSE et ;
- L'hypothèse d'inflation long-terme (LT_INF_{GSE}) provenant des modèles satellites.

Comme pour les taux d'intérêt, les hypothèses disponibles consistant en 2 points, il est nécessaire d'interpoler un taux d'inflation en fonction de la durée du plan de retraite.

Dans la version actuelle du modèle, la méthode appliquée est une simple interpolation linéaire avec une limitation de la durée du plan à 15 ans lorsque celle-ci est supérieure :

$$Inflation_{Duration} = (LT_INF_{GSE} - CPI_{GSE}) / (15 - 1) \times \text{Min}(Duration - 1, 15) + CPI_{GSE},$$

Cette interpolation simplifiée a été identifiée comme une limite au modèle qu'il conviendra de revoir dans un second temps, comme cela a été fait pour l'interpolation des taux d'intérêt.

3.2.2.1.4 Montant de l'engagement attendu à horizon 1 an

Une fois déterminée, pour chacun des scénarios, l'évolution attendue des deux hypothèses impactant la valeur projetée de l'engagement dans notre modèle (taux d'actualisation et taux d'inflation), cette valeur est calculée en deux étapes :

- En appliquant, dans un premier temps, l'impact de l'évolution du taux d'actualisation, qui est jugé comme le paramètre le plus significatif :

$$DBO_{post-impact\ DR} = DBO_N \times (1 + Sensibilités_{DR} DBO_N) \times \Delta DR_{GSE},$$

- Puis, l'impact de l'évolution du taux d'inflation :

$$DBO_{N+1} = DBO_{post-impact\ DR} \times (1 + Sensibilités_{inflation} DBO_N) \times \Delta inflation_{GSE},$$

Outre le fait que seules deux des hypothèses impactant la valeur à un an de l'engagement de retraite (taux d'actualisation et taux d'inflation) sont prises en compte, il existe un biais de calcul dans cette méthode de projection puisque la sensibilité à l'inflation devrait être recalculée sur la base de l'engagement après application de l'évolution du taux d'actualisation avant de pouvoir être appliquée.

Cela n'est opérationnellement pas possible puisqu'il conviendrait de demander 10 000 nouvelles évaluations actuarielles sur la base des 10 000 taux d'actualisation projetés par le GSE.

Ce biais de calcul reste très mineur et est jugé acceptable.

3.2.2.2 Projection à un an des actifs de couverture

Compte tenu de la stratégie de couverture très spécifique pour l'un des plans de retraite mis en place sur une des filiales du Groupe au Royaume-Uni, la méthode de projection de certaines catégories d'actifs diffère de la méthode générale pour ce plan. Dans la suite du paragraphe, une distinction est donc faite entre la méthode générale et les calculs spécifiques réalisés pour ce plan.

3.2.2.2.1 Méthodologie utilisée pour tous les plans de retraite excepté celui de notre filiale à Londres

Les actifs de couverture sont répartis en huit classes d'actifs. Ces différentes classes d'actifs sont projetées séparément, excepté pour les actions et autres actifs dits « à haut rendement attendu » qui sont regroupés par simplification.

Actifs monétaires dont les contrats d'assurance non adossés aux engagements (notés « Cash »)

La valeur attendue de cette catégorie d'actifs à horizon un an est supposée, dans le modèle être égale à sa valeur à la date de calcul.

$$Cash_{N+1} = Cash_N,$$

Contrats de rentes d'assurance adossés aux engagements (notés « Buy in contracts ») : risque d'évolution de l'engagement transféré à l'assurance

La valeur de ces contrats d'assurance dépend de l'évolution de la valeur de l'engagement du plan de retraite considéré.

Ainsi, la valeur de ces contrats d'assurance est déterminée en appliquant une règle de trois sur la base :

- De la valeur de l'engagement à la date de calcul (DBO_N)
- De la valeur de ces contrats d'assurance spécifiques à la date de calcul ($Buy_in_contracts_N$)
- De la valeur estimée de l'engagement à la date de projection (DBO_{N+1})

$$Buy_in_contracts_{N+1} = DBO_{N+1} \times \frac{Buy_in_contracts_N}{DBO_N},$$

Obligations gouvernementales à taux fixe (notées « Gvt_bonds »)

Compte tenu des informations disponibles dans les rapports d'actifs, la valeur projetée des obligations gouvernementales à taux fixe est modélisée de façon simplifiée comme étant égale à :

$$Gvt_bonds_{N+1} = Gvt_bonds_N \times (1 - Sensibilité_{Gvt_bonds}) \times \Delta IR_{GSE},$$

Avec : $Sensibilité_{Gvt_bonds}$: la sensibilité des obligations gouvernementales à taux fixe fournie dans le rapport d'actifs ;

ΔIR_{GSE} : la variation du taux d'intérêt gouvernemental entre la date de calcul et la date de projection.

Le taux d'intérêt gouvernemental est déterminé, aux dates de calcul et de projection, selon la même méthode que pour le taux d'intérêt utilisé dans le calcul de la valeur projetée de l'engagement de retraite sur la base de :

- La duration moyenne des obligations gouvernementales du portefeuille d'actifs ;
- L'hypothèse de taux d'intérêt court terme de la zone monétaire du plan sous le scenario considéré provenant du GSE (IR_{3M}) ; et,
- L'hypothèse de taux d'intérêt long terme de la zone monétaire du plan sous le scenario considéré provenant du GSE (IR_{10Y})

En utilisant la matrice d'interpolation de la zone monétaire considérée construite par la méthode de Nelson-Siegel.

Obligations gouvernementales indexées à l'inflation (notées « Infl_gvt_bonds »)

La méthode de projection choisie pour cette catégorie d'actifs est similaire à celle utilisée pour la valorisation des obligations gouvernementales à taux fixes. La valeur des obligations indexées à l'inflation est impactée de l'évolution d'un taux d'intérêt dit « réel » qui intègre une composante inflation.

$$Infl_gvt_bonds_{N+1} = Infl_gvt_bonds_N \times (1 - Sensibilité_{Infl_gvt_bonds}) \times \Delta RR_{GSE},$$

Avec : $Sensibilité_{Infl_gvt_bonds}$: la sensibilité des obligations gouvernementales indexées à l'inflation fournie dans le rapport d'actifs ;

ΔRR_{GSE} : la variation du taux d'intérêt dit « réel » entre la date de calcul et la date de projection.

$$\text{Avec : } \Delta RR_{GSE} = RR_{GSE, N+1} - RR_{GSE, N},$$

$$RR_{GSE, N+1} = IR_{GSE, N+1} - inflation_{GSE, N+1},$$

$IR_{GSE, N+1}$: - calculé, comme précédemment, sur la base de la durée moyenne des obligations gouvernementales indexées à l'inflation du portefeuille d'actifs et des hypothèses de taux d'intérêt court et long termes du GSE ;
- et interpolé à l'aide de la matrice d'interpolation construite selon la méthode Nelson-Siegel.

Obligations non gouvernementales (notées « Corp_bonds »)

L'hypothèse forte est faite ici de considérer que tous les actifs investis en obligations non gouvernementales sont de qualité équivalente aux obligations non gouvernements de sociétés privées de notation équivalente à AA.

Cette hypothèse est faite pour plusieurs raisons :

- L'information de la qualité des obligations ne nous est pas systématiquement remontée par les gestionnaires d'actifs ;
- Par souci de simplification du modèle et en raison d'un manque de disponibilités de données historiques, seuls les spreads AA ont été modélisés via les modèles satellites adossés au GSE.

Ainsi, la valeur projetée des obligations non gouvernementales est modélisée égale à :

$$Corp_bonds_{N+1} = Corp_bonds_N \times (1 - Sensibilité_{Corp_bonds}) \times \Delta DR_{GSE},$$

Avec : $Sensibilité_{Corp_bonds}$: la sensibilité des obligations non gouvernementales fournie dans le rapport d'actifs ;

ΔDR_{GSE} : la variation du taux d'intérêt corporate AA entre la date de calcul et la date de projection déterminé par

$$\Delta DR_{GSE} = \Delta IR_{GSE} + \Delta Spread_{GSE},$$

Avec : ΔIR_{GSE} , calculé et interpolé de la même façon que celle décrite précédemment mais sur la base de la durée moyenne des obligations non gouvernementales remontée dans les rapports d'actifs.

Actifs immobiliers (notés « Prop »)

La valeur estimée à la date de projection des actifs immobiliers est calculée sur la base du taux de rendement immobilier de la zone monétaire considérée calculé à partir de l'index immobilier provenant du modèle satellite en lien avec le GSE.

$$Prop_{N+1} = Prop_N \times (1 + \mu_{Prop}),$$

Avec : $Prop_{N+1}$: la valeur estimée des actifs immobiliers à la date de projection ;

$Prop_N$: la valeur des actifs immobiliers à la date de calcul remontée dans le rapport d'actifs ;

μ_{Prop} : le rendement estimé des actifs immobiliers, dans le cadre du scénario considéré, provenant du modèle satellite

Actions domestiques ou marchés développés et autres actifs dits « à haut rendement attendu » (notés « Equ »)

Deux approximations ont été choisies à ce stade du modèle. Celles-ci nous permettent de modéliser au mieux ces actifs compte tenu des hypothèses disponibles :

- Les actions de marchés développés, autres que ceux de la zone monétaire du plan, sont considérées comme évoluant comme les actions domestiques ;
- Le rendement des actifs dits « à haut rendement attendu » (obligations de notation équivalente inférieure à BBB, créances de marchés émergents, gestion alternative (fonds spéculatifs), actions marchés émergents, options de vente, fonds de placement privés) est supposé égal au rendement des actions domestiques.

Sous ces hypothèses, la valeur estimée à la date de projection des actifs et autres actifs assimilés est égale à :

$$Equ_{N+1} = Equ_N \times (1 + \mu_{Equ}),$$

Avec : Equ_{N+1} : la valeur estimée des actions et actifs assimilés à la date de projection ;

Equ_N : la valeur des actions et autres actifs assimilés à la date de calcul remontée dans le rapport d'actifs ;

μ_{Equ} : le rendement estimé des actions, dans le cadre du scénario considéré, provenant du GSE

3.2.2.2 Méthodologie spécifique utilisée pour la projection de certains actifs de notre filiale à Londres

Depuis juin 2016, notre filiale à Londres a mis en place une stratégie spécifique de couverture via laquelle une partie des actifs est « presque parfaitement » adossée aux engagements de retraite. Cette stratégie permet de couvrir toute évolution des taux d'intérêt et des taux d'inflation via un portefeuille d'obligations gouvernementales et d'obligations gouvernementales indexées à l'inflation.

Concrètement, cette stratégie consiste en des transactions de gré à gré dans lesquelles le fonds (en charge de gérer ces actifs pour notre filiale) vend à la date 0 une obligation d'Etat (le cas échéant, indexée à l'inflation) et s'engage à la racheter au même prix à la date 1 correspondant à l'échéance de la transaction (en général 3 à 12 mois) plus le paiement d'intérêt à la date 1 (très bas : entre 2 et 5 bps). Avec l'argent gagné via la vente de l'obligation à la date 0, le fonds achète une autre obligation qu'il peut, soit garder afin de la vendre à la date 1 et réaliser ainsi un effet de levier de 2, soit revendre dans le cadre d'une nouvelle transaction de gré de gré afin d'augmenter l'effet de levier. Le niveau d'effet de levier nécessaire est déterminé localement sur la base d'une évaluation ALM et est ajusté continuellement afin de s'assurer que l'objectif en termes de couverture est bien atteint.

Il est à noter que cette stratégie ne couvre pas les évolutions d'écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés privées de notation AA. Par ailleurs, le risque de contrepartie lié aux transactions de gré à gré n'est pas pris en compte dans le modèle.

Compte tenu de cette stratégie de couverture spécifique, les valeurs estimées des obligations gouvernementales et des obligations gouvernementales indexées à l'inflation ne peuvent pas, pour ce plan de retraite, être modélisées comme dans le cas général précédemment décrit.

Mis à part ces deux catégories d'actifs, les autres actifs sont projetés de la même façon que dans le cas général.

Projection de la valeur des actifs adossés au passif

Ce calcul est réalisé en 4 étapes.

Etape 1 – Calcul de valeur estimée de l'engagement à la date de projection après prise en compte de l'impact de l'évolution du taux d'intérêt et du taux d'inflation

Etant donné que cette stratégie de couverture n'immunise pas le portefeuille contre une variation des spreads de crédit AA, il est nécessaire de calculer une valeur estimée de l'engagement à horizon un an (date de projection) tenant compte de l'impact de l'évolution des taux d'intérêt et d'inflation mais excluant l'impact de la variation des spreads de crédit (écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés privées).

Comme pour le calcul de la valeur estimée de l'engagement à la date de projection, nous utilisons les sensibilités aux variations des taux d'intérêt et d'inflation fournies par les entités locales lors de la clôture comptable.

La valeur estimée de l'engagement à horizon un an (date de projection) tenant compte de l'impact de l'évolution des taux d'intérêt est calculé par :

$$DBO_{post-impact\ IR} = DBO_N \times (1 + Sensibilités_{DR\ DBO_N}) \times \Delta IR_{GSE},$$

Avec : $DBO_{post-impact\ IR}$: la valeur estimée de l'engagement sur base IAS19 post impact de l'évolution du taux d'intérêt à la date de projection ;

$Sensibilité_{DR\ DBO_N}$: les sensibilités à la hausse et à la baisse du taux d'actualisation ;

ΔIR_{GSE} : la variation du taux d'intérêt gouvernemental correspondant à la durée du plan de retraite entre la date de calcul et la date de projection;

Puis, la valeur estimée de l'engagement à la date de projection tenant compte à la fois de l'impact de l'évolution des taux d'intérêt et également de l'impact de l'évolution des taux d'inflation (mais excluant l'impact de la variation des spreads AA) est calculé par :

$$DBO_{post-impact\ IR\ \&\ inflation} = DBO_{post-impact\ IR} \times (1 + Sensibilités_{inflation\ DBO_N}) \times \Delta inflation_{GSE},$$

Avec : $Sensibilité_{inflation\ DBO_N}$: les sensibilités à la hausse et à la baisse du taux d'inflation ;

$\Delta inflation_{GSE}$: la variation de l'hypothèse d'inflation correspondant à la durée du plan de retraite entre la date de calcul et la date de projection

Etape 2 – Calcul de l'engagement net sur une base financement à la date de calcul

Ce calcul s'appuie sur la valeur de l'engagement sur une base financement. Cette donnée est spécifiquement communiquée pour ce plan par l'entité concernée à Londres.

L'engagement net sur une base financement ($Funding_Net_Liability_N$) à la date de calcul est donc calculé par différence entre l'engagement sur base financement et la valeur de marché des actifs à la date de calcul :

$$Funding_Net_Liability_N = Funding_DBO_N - FVA_N,$$

Avec : $Funding_DBO_N$: la valeur de l'engagement sur base financement à la date de calcul ;

FVA_N : la valeur de marché des actifs à la date de calcul

Etape 3 – Valeur estimée de l'engagement sur base financement à la date de projection

Le modèle prend comme hypothèse que le ratio Engagement sur base financement / Engagement sur base normative IAS19 reste stable entre la date de calcul et la date de projection.

Sous cette hypothèse, la valeur estimée de l'engagement sur base financement est calculée comme suit :

$$Funding_DBO_{N+1} = \frac{Funding_DBO_N}{DBO_N} \times DBO_{post-impact\ IR\ \&\ inflation},$$

Avec : $Funding_DBO_N$ et $Funding_DBO_{N+1}$: la valeur de l'engagement sur base financement à la date de calcul et à la date de projection respectivement ;

DBO_N : la valeur de l'engagement sur base IAS19 à la date de calcul

$DBO_{post-impact\ IR\ \&\ inflation}$: la valeur estimée de l'engagement à la date de projection tenant compte de l'impact de l'évolution des taux d'intérêt et de l'impact de l'évolution des taux d'inflation mais excluant l'impact de la variation des spreads AA

Etape 4 – Valeur estimée des actifs spécifiques de couverture à la date de projection (notés « LDI »)

Les actifs spécifiques de couverture de cette entité sont la somme des obligations gouvernementales et des obligations gouvernementales indexées à l'inflation reportées dans le rapport d'actifs transmis par les gestionnaires d'actifs.

Le modèle calcule la valeur estimée de ces actifs spécifiques de couverture de façon à garder un engagement net sur une base financement à la date de projection inchangé par rapport à la date de calcul après prise en compte de l'impact des évolutions de taux d'intérêt et de taux d'inflation.

Ainsi, la valeur estimée à la date de projection des actifs spécifiques de couverture (LDI_{N+1}) est égale à :

$$LDI_{N+1} = Funding_{NetLiability_N} - Funding_{DBO_{N+1}} - (Cash_N + Buy_in_contracts_N + Corp_bonds_N + Prop_N + Equ_N),$$

Avec : LDI_N et LDI_{N+1} : la valeur des actifs spécifiques de couverture à la date de calcul et à la date de projection respectivement ;

$Funding_Net_Liability_N$: la valeur de l'engagement net sur une base financement à la date de calcul

$Funding_DBO_{N+1}$: la valeur de l'engagement sur base financement à la date de projection

$Cash_N$: la valeur des actifs monétaires à la date de calcul

$Buy_in_contracts_N$: la valeur des contrats de rentes d'assurance adossés aux engagements à la date de calcul

$Corp_bonds_N$: la valeur des obligations non gouvernementales à la date de calcul

$Prop_N$: la valeur des actifs immobiliers à la date de calcul

Equ_N : la valeur des actions et autres actifs assimilés à la date de calcul

Obligations gouvernementales

Comme indiqué précédemment, les actifs spécifiques de couverture de notre filiale de Londres sont constitués des obligations gouvernementales et des obligations gouvernementales indexées à l'inflation :

$$LDI_N = Gvt_bonds_N + Infl_gvt_bonds_N,$$

Nous prenons comme hypothèse dans la modélisation que la répartition des actifs spécifiques de couverture entre obligations gouvernementales et obligations gouvernementales indexées à l'inflation reste constante entre la date de calcul et la date de projection.

Par conséquent, la valeur estimée des obligations gouvernementales à la date de projection (Gvt_bonds_{N+1}) est simplement calculée via une règle de trois de la façon suivante :

$$Gvt_bonds_{N+1} = \frac{Gvt_bonds_N}{LDI_N} \times LDI_{N+1},$$

Avec : LDI_N et LDI_{N+1} : la valeur des actifs spécifiques de couverture à la date de calcul et à la date de projection respectivement ;

Gvt_bonds_N : la valeur des obligations gouvernementales à la date de calcul

Obligations gouvernementales indexées à l'inflation

Comme pour les obligations gouvernementales non indexées, la valeur estimée des obligations gouvernementales indexées à l'inflation à la date de projection (Gvt_bonds_{N+1}) est donnée par :

$$Infl_gvt_bonds_{N+1} = \frac{Infl_gvt_bonds_N}{LDI_N} \times LDI_{N+1},$$

Avec : LDI_N et LDI_{N+1} : la valeur des actifs spécifiques de couverture à la date de calcul et à la date de projection respectivement ;

$Infl_gvt_bonds_N$: la valeur des obligations gouvernementales indexées à l'inflation à la date de calcul

3.2.2.3 Obtention de la distribution de pertes

Pour chacun des 10 000 scénarios, le modèle effectue les calculs suivants :

Calcul de la perte ou du gain en termes de position nette pour chacun des plans de retraite sous le scénario j :

$$Expected_gain\&loss_{plan\ i} = Net_Liability_{N+1, plan\ i} - Net_Liability_{N, plan\ i}$$

Conversion de ce montant de perte/gain en EUR sous le scénario j :

$$Expected_gain\&loss_{plan\ i, EUR} = \frac{Expected_gain\&loss_{plan\ i}}{Exchange_rate_{GSE}}$$

Avec $Exchange_rate_{GSE}$: le taux de change attendu à horizon 1 an dans le scénario du GSE considéré

Obtention du montant total de pertes/gains pour l'ensemble des plans inclus dans le périmètre de calcul du modèle sous le scénario j :

$$Total_Gain\&Loss_{EUR, scenario\ j} = \sum_i Expected_gain\&loss_{plan\ i, EUR}$$

Figure 27 : Nouveau modèle – Calcul final de la VaR

La distribution de pertes est alors obtenue à partir de la perte totale calculée pour l'ensemble des plans pour chacun des scénarios du GSE.

3.2.3 Résultats donnés par le modèle

A ce stade de développement, le modèle a été codé afin de sortir différents éléments de résultat.

3.2.3.1 Montant de la VaR à 99,90%

Compte tenu du nombre de scénarios implémentés (10 000), le montant de la VaR à 99,90% correspond au montant de la 11^{ème} perte totale la plus sévère de la distribution de pertes obtenue :

$$99,90\% VaR = f(Total_Gain\&Loss_{EUR}, 99,90\%),$$

Avec : $Total_Gain\&Loss_{EUR}$: la somme des gains/pertes de tous les plans pour un même scénario

3.2.3.2 Gain ou perte estimé pour chaque plan de retraite

Pour chaque plan et chaque scénario, le modèle calcule un montant de gain ou perte sur la base de l'engagement net du plan de retraite.

L'ensemble de ces résultats est stocké dans un fichier facilement téléchargeable permettant ainsi de pousser l'analyse de l'impact des scénarios les plus sévères sur un plan en particulier, un pays spécifique ou l'une des quatre zones monétaires intégrées au modèle.

3.2.3.3 Sous-VaR à 99,90% par catégorie de risque

Les catégories de risque considérées sont les suivantes :

- Risque lié à l'évolution des taux d'intérêt
- Risque lié à l'évolution des taux d'inflation
- Risque lié à l'évolution des spreads de crédit AA
- Risque de marché (rendement attendu des actifs immobiliers et actions)
- Risque de change

Pour calculer les sous-VaR par catégorie de risque, seuls les facteurs de risque, issus du GSE, y compris modèles satellites, correspondants à la catégorie de risque considérée sont pris en compte dans la projection à un an de la position nette des plans de retraite. L'évolution des autres facteurs de risque entre la date de calcul et la date de projection est considérée comme étant nulle.

Cette projection est réalisée sur la base des mêmes formules de calcul présentées en 3.2.2.

Catégories de risque	Facteurs de risque	Valeurs projetées impactées
Risque de taux d'intérêt	Variation des taux d'intérêt court-terme et long-terme issus du GSE	Engagement (DBO)
		Contrats de rentes d'assurance adossés aux engagements
		Obligations gouvernementales
		Obligations gouvernementales indexées à l'inflation
Risque de taux d'inflation	Variation des taux d'inflation court-terme et long-terme issus du GSE	Engagement (DBO)
		Contrats de rentes d'assurance adossés aux engagements
		Obligations gouvernementales (uniquement pour le plan spécifique de notre filiale UK)
		Obligations gouvernementales indexées à l'inflation
Risque de spreads de crédit	Variation des spreads de crédit issus du GSE	Engagement (DBO)
		Contrats de rentes d'assurance adossés aux engagements
		Obligations non gouvernementales
Risque de marché	Variation des rendements attendus à un an des actifs immobiliers et des actions issus du GSE	Actifs immobiliers
		Actions domestiques ou marchés développés et des autres actifs dits « à haut rendement attendu »
Risque de change	Variation des taux de change issus du GSE	Impact de la variation appliqué à la position nette (engagements moins actifs) à la date de calcul

3.2.3.4 Sous-VaR à 99,90% par zone monétaire, pays ou entité

Deux méthodes sont possibles pour calculer les sous-VaR par zone monétaire, pays ou entité.

- Faire tourner le modèle uniquement sur les données d'entrée concernées : par exemple, tous les plans de retraite des entités belges pour déterminer la sous-VaR sur la Belgique.
- Retravailler les résultats à partir du fichier de sortie du modèle présentant les gains ou pertes par plan et par scénario. Il convient alors de conserver uniquement les plans de retraite de la zone souhaitée (zone monétaire, pays ou entité) et d'ordonner la somme des pertes et gains de chacun des plans. Le montant de la sous-VaR à 99,90% est donné par la perte en termes d'évolution de la position nette donnée par le 11^{ème} scénario le plus sévère.

Ces deux méthodes donnent les mêmes résultats mais la seconde est bien plus rapide en termes de temps de calcul.

3.2.3.5 Expected Shortfall équivalente à la VaR pour chaque plan

Au-delà du montant de VaR et pour contourner le principe de non-additivité de la VaR, nous avons souhaité présenter l'Expected Shortfall par plan de retraite. L'Expected Shortfall correspond à la moyenne des pertes extrêmes. Cette mesure nous permet d'obtenir pour chacun des plans, une perte moyenne sur un ensemble de scénarios donnant une perte totale égale à la VaR.

Cet indicateur nous est utile pour l'allocation de la VaR par métier dans le cadre de l'insertion opérationnelle de la VaR.

En effet, allouer la VaR en fonction du 11^{ème} pire scénario ne nous a pas semblé pertinent car deux scénarios économiques très différents peuvent donner un montant de VaR identique alors que les montants de pertes par plan sous ces deux scénarios sont très différents. Cela aboutit à une très forte volatilité des VaR par métier entre chaque date de calcul.

L'utilisation de l'Expected Shortfall équivalente à la VaR permet de baser l'allocation sur la moyenne des 30 pires scénarios, ce qui permet une moindre volatilité d'un trimestre à l'autre.

3.3 Présentation des résultats au 31 décembre 2019

3.3.1 Périmètre des engagements et actifs de couverture couvert par le nouveau modèle de calcul

Le périmètre des engagements et actifs de couverture couvert par le nouveau modèle de VaR mis en place est identique au périmètre de l'ancien modèle.

Pour rappel, au 31 décembre 2019, le modèle de calcul du risque retraite prend en compte 97% de la valeur actualisée des obligations et 94% des actifs de couverture sur la base du périmètre prudentiel.

Le périmètre non couvert est constitué des plans de retraite des zones monétaires non modélisées.

Le tableau ci-dessous présente le montant des engagements de retraite et IFC ainsi que le montant des actifs de couverture respectifs pris en compte pour le calcul de la VaR retraite par pays.

En millions d'euros au 31/12/2019	Périmètre prudentiel		Périmètre nouveau modèle ICAAP retraite			
	Valeur actualisée des obligations	Valeur de marché des actifs de couverture	Valeur actualisée des obligations	Valeur de marché des actifs	% de la valeur des obligations dans le scope du modèle actuel	% de la valeur de marché des actifs dans le scope du modèle actuel
Belgique	3 208	3 095	3 208	3 095	100%	100%
Royaume-Uni	1 527	1 768	1 527	1 768	100%	100%
France	1 199	1 144	1 199	1 144	100%	100%
Suisse	1 223	1 115	1 223	1 115	100%	100%
Etats-Unis	672	548	672	548	100%	100%
Italie	305	0	305	0	100%	-
Allemagne	205	114	205	114	100%	100%
Turquie	175	397	0	0	0%	0%
Autres	436	366	308	289	71%	79%
TOTAL	8 951	8 545	8 647	8 072	97%	94%

3.3.2 Résultats du nouveau modèle de calcul du risque retraite au 31 décembre 2019

Sur la base des données présentées ci-dessus, le montant de la VaR à 99,90% au titre des engagements de retraite du Groupe s'élève à **632 MEUR**.

Le nouveau modèle permet de présenter une allocation de la VaR totale :

- D'une part, par catégorie de risque, et
- D'autre part, par zone monétaire, pays ou entité.

Cette allocation de la VaR totale par nature de risque ou géographique nous permet de mettre en évidence un effet diversification.

L'analyse des résultats présentés ci-après nous permet de nous assurer de la cohérence du nouveau modèle par rapport à notre connaissance des plans de retraite et de leurs spécificités.

Répartition de la VaR à 99,90% au 31 décembre 2019 par catégorie de risque :

Répartition de VaR à 99,90% par catégorie de risque au 31 décembre 2019 – Nouveau modèle	
Catégorie de risque	Montant (MEUR)
Risque lié aux taux d'intérêt	371
Risque lié aux taux d'inflation	403
Risque de spread AA	429
Risque de marché (rendement des actifs)	689
Risque de change	74
Diversification	-1 334
VaR TOTALE	632

Le risque de taux (taux d'intérêt et spread) ressort, comme dans le modèle actuel, comme un facteur de risque prépondérant. Cela était attendu puisque l'évolution du taux d'actualisation est une hypothèse fondamentale dans la valorisation des engagements de retraite.

Il est intéressant de noter que le risque de marché semble plus significatif que dans le modèle actuel. Même si la comparaison entre les deux modèles ne peut être directe, il conviendra de regarder le niveau de sévérité du scénario donnant la VaR dans le nouveau modèle pour comprendre ce niveau.

Répartition de la VaR à 99,90% au 31 décembre 2019 par pays :

Répartition de la VaR par pays – Nouveau modèle		
En millions d'euros au 31/12/2019	Valeur actualisée des obligations dans le périmètre du nouveau modèle	Montant de la VaR à 99,90%
Belgique	3 208	249
Royaume-Uni	1 527	171
France	1 199	231
Suisse	1 223	371
Etats-Unis	672	78
Italie	305	33
Allemagne	205	66
Autres	308	32
Diversification		-600
TOTAL	8 647	632

En comparant le montant de VaR par pays (sans prendre en compte l'effet diversification) au montant de l'engagement de retraite (« DBO ») total du pays considéré, on observe des résultats cohérents par rapport aux caractéristiques des plans de retraite.

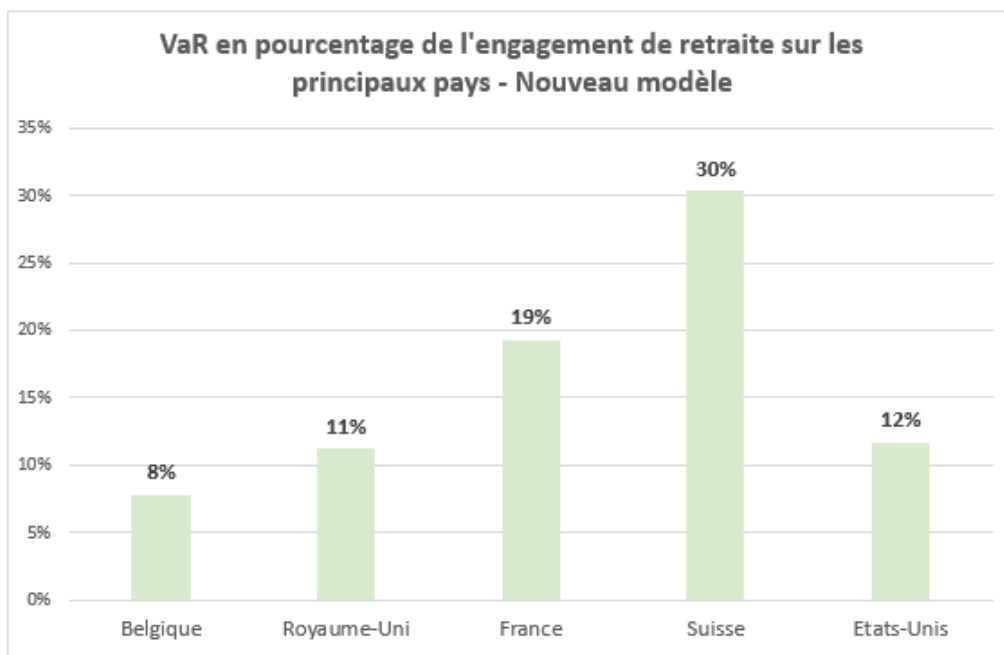


Figure 28 : VaR en pourcentage de l'engagement de retraite

Les conclusions liées à l'observation de ce graphique sont en ligne avec celles sur le modèle actuel même si les niveaux diffèrent : on observe un montant de VaR significativement élevé en proportion des engagements de retraite sur la Suisse. Cela est cohérent avec la répartition des actifs de couverture qui sont constitués à plus de 70% par des actifs de croissance ayant une plus grande volatilité.

En Belgique, a contrario, la VaR au 31/12/2019 est égale à 8% du montant de l'engagement total sur le pays. Ce faible niveau comparé à d'autres pays s'explique par l'adossement très important des actifs de couverture aux engagements de retraite. Pour de nombreux plans de notre filiale Fortis notamment, les actifs de couvertures sont des contrats d'assurance presque parfaitement adossés aux engagements de retraite.

Répartition de la VaR à 99,90% au 31 décembre 2019 par zone monétaire :

Répartition de la VaR par zone monétaire – Nouveau modèle		
En millions d'euros au 31/12/2019	Valeur actualisée des obligations dans le périmètre du nouveau modèle	Montant de la VaR à 99,90%
EUR	5 224	524
GBP	1 527	171
CHF	1 223	371
USD	672	78
Diversification		-512
TOTAL	8 647	632

La répartition de la VaR par zone monétaire synthétise les résultats observés au niveau des pays. On y retrouve notamment le montant de VaR significatif sur la zone CHF en ligne avec la composition des actifs sur ce pays.

3.3.3 Scenario économique donnant le montant de VaR

Le scenario économique provenant du GSE et des modèles satellites donnant le montant de la VaR à un an avec un niveau de confiance à 99,90% présente les évolutions entre les dates de calcul et de projection suivantes :

Zone	EUR	USD	GBP	CHF
Chocs				
Taux d'intérêt CT	-0,5%	-1,6%	-0,8%	-0,3%
Taux d'intérêt LT	-0,4%	-0,4%	-0,7%	-0,3%
Ecart de rendement entre obligations d'Etat et de sociétés privées AA	-0,1%	0,2%	0,2%	-0,1%
Taux d'inflation CT	0,4%	0,3%	-1,2%	-0,4%
Taux d'inflation LT	0,3%	0,1%	-0,2%	0,3%
Marché Actions	-35%	-20%	-19%	-28%
Marché Immobilier	1%	-3%	-10%	16%

Le scénario obtenu est cohérent avec les risques identifiés pour les engagements de retraite à prestations définies :

- Les pertes augmentent avec la baisse des taux d'actualisation : même si sur les zone USD et GBP les spreads de crédit AA augmentent légèrement, cette augmentation ne compense pas la baisse des taux d'intérêt court terme et long terme.
- Les pertes augmentent avec la hausse du taux d'inflation : il convient de souligner que sur la zone GBP, le taux d'inflation diminue. Cependant, cela a peu d'impact car la plus grande partie des engagements de la zone GBP sont sur notre succursale à Londres qui a mis en place une stratégie spécifique de couverture du taux d'inflation.
- Les pertes augmentent si les marchés actions et immobilier se dégradent : le scénario de la VaR montre une très forte baisse des marchés actions sur toutes les zones, partiellement compensée par une hausse du marché immobilier sur la Suisse.

Il est difficile de comparer ce scénario avec le scénario déterministe obtenu pour illustrer le montant de VaR obtenu dans le cadre du modèle initial car ce dernier :

- Prenait en compte un taux approximatif d'adossement des obligations gouvernementales et non gouvernementales à l'engagement ;
- N'appliquait pas de choc sur le taux d'inflation ;
- N'appliquait pas de choc sur les actifs immobiliers ;
- Ne prenait pas en compte les stratégies de couverture spécifiques, comme la couverture de taux d'intérêt et d'inflation à Londres par exemple.

Enfin, les montants de VaR obtenus dans chacun des deux modèles sont significativement différents, ce qui rend la comparaison des scénarios peu probante.

3.4 Analyse des écarts entre le modèle actuel et le nouveau modèle

3.4.1 Principaux facteurs d'écart

Les principaux facteurs d'écart entre les deux modèles de calcul du risque retraite dans le cadre de l'ICAAP sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Facteurs principaux	Modèle actuel	Nouveau modèle
Méthodologie de modélisation	VAR paramétrique	VAR stochastique
Ecart de rendement entre les obligations d'Etat et de société de notation AA	Peuvent être légèrement négatifs	Positifs par construction
Taux d'intérêt gouvernementaux	Pas de limite à la baisse	Taux plancher présents dans le GSE
Comportement spécifique de certaines classes d'actifs	Non modélisés	Modélisés

3.4.2 Analyse chiffrée des écarts au 31 décembre 2019

Le tableau ci-dessous présente une réconciliation de la VaR totale au 31 décembre 2019 avec le modèle de calcul actuel et le nouveau modèle proposé.

N° modèle	Etape	Modèle	VaR Q4 19 en m€	Impact en m€	Remarques
1	Point de départ	Modèle actuel	1 042		Montant du risque retraite au 31/12/2019 tel que communiqué à la BCE
2	Modèle actuel avec ajustement des volatilités	Modèle n°1 + ajustement des volatilités relatives aux taux d'intérêt gouvernementaux, spreads AA et rendement actions sur base comparable nouveau modèle (objectif : se placer sur une base comparable aux impacts constatés dans le scénario à 99,90% du nouveau modèle)	618	(424)	Impact lié à l'ajustement au scénario donnant la VaR dans le nouveau modèle Proxy de l'effet plancher sur les taux d'intérêt dans le GSE et des spreads AA dans le nouveau modèle. A noter : pas d'ajustement sur l'inflation (impossible dans le modèle actuel)
3	Nouveau modèle sans prise en compte des spécificités de certains actifs de couverture	Nouveau modèle sans prise en compte des spécificités liés à certains actifs de couverture, notamment la stratégie de couverture de taux (intérêt et inflation) du plan de retraite au UK	710	92	Impact modèle
4	Final	Modèle n°3 + prise en compte des spécificités de certains actifs de couverture qui ne pouvaient pas être reflétées dans le modèle actuel et notamment de la stratégie de couverture de taux du plan de retraite sur notre filiale à Londres	632	(78)	Impact amélioration du modèle sur la prise en compte de certaines stratégies de couverture

Deux points d'attention sont à souligner à la lecture de ce tableau :

- Premièrement, le montant de la VaR obtenue au 31 décembre 2019 à partir du nouveau modèle nous semblait un peu bas par rapport à ce que nous attendions sur la base des scénarios déterministes définis historiquement pour illustrer les résultats du modèle paramétrique.
- Le tableau d'analyse d'écarts nous permet de mettre en évidence que la majorité de l'écart entre les deux modèles provient des ajustements de volatilité du modèle actuel pour se placer sur une base comparable au scénario donnant la VaR dans le nouveau modèle (- 424 MEUR)

Ainsi, s'est posée la question de la calibration du GSE : les scénarios sont-ils suffisamment sévères ? Le niveau des planchers des taux d'intérêt gouvernementaux n'est-il pas trop élevé ?

Le GSE étant encore en cours de calibration lors de ce premier calcul de la VaR avec le nouveau modèle, il a été décidé d'attendre la mise à jour des scénarios pour se positionner sur le niveau de la VaR.

Sur la base du nouveau jeu de scénarios Q2 2020 après recalibration du GSE, le montant de la VaR sur la base des données relatives aux plans de retraite au 31 décembre 2019 est de **933 MEUR**.

Ce montant nous semble nettement plus en ligne avec le risque afférent aux plans de retraite à prestations définies du Groupe. Cette évolution des scénarios montre toutefois l'impact majeur de la calibration du générateur sur le montant de la VaR retraite. Il conviendra de suivre étroitement les résultats futurs pour juger de leur pertinence en comparaison avec la matérialisation de l'impact des plans de retraite sur les capitaux propres dans les états financiers.

3.5 Limites du nouveau modèle et améliorations envisagées

3.5.1 Limites en termes de qualité des données

Les limites en termes de qualité sont, à ce jour, identiques à celles décrites en partie 2 pour le modèle paramétrique initial.

Pour rappel, les limites en termes de qualité de données sont les suivantes.

Limites relatives aux données issues des évaluations actuarielles

Comme indiqué en partie 2, l'ensemble des revues et contrôles réalisés par l'équipe sur les rapports actuariels permet de considérer les données relatives aux engagements sociaux présentes dans ces rapports comme fiables et complètes.

Toutefois, deux limites se doivent d'être prises en compte :

- Compte tenu du choix retenu lors de la création de notre outil de consolidation des engagements de retraite, les sensibilités à la baisse du taux d'actualisation sont retraitées lorsque le taux d'actualisation sur lequel elles sont basées est strictement inférieur à 1%.
La sensibilité à la baisse du taux d'actualisation est alors approximée à l'aide d'une règle de trois ; ce qui engendre une perte de qualité de la donnée.
- Il peut arriver que certaines données de sensibilité soient manquantes ; cependant, compte tenu de notre processus de revue, cela ne peut être le cas que pour un nombre très limité de plans de retraite ayant une matérialité très peu significative.

Limites relatives aux données issues des rapports d'actifs

En l'état actuel du processus, la qualité des données contenues dans les rapports d'actifs peut être moyenne pour certains plans de retraite. Cela est notamment dû au niveau de granularité demandé dans le rapport qui rend ce dernier parfois difficile à compléter par les gestionnaires d'actifs. Les gestionnaires disposent de toute l'information mais ne sont pas en mesure, compte tenu de contraintes de délai ou de budget, de nous la restituer selon le format défini.

La simplification du rapport d'actifs à compter du premier trimestre 2021 devrait permettre d'améliorer la qualité des données remontées et, notamment, des données relatives à la sensibilité des obligations.

3.5.2 Limites en termes d'hypothèses utilisées

Impact de la calibration du GSE

Comme le montre l'analyse d'écart entre les deux modèles au paragraphe 3.4.2, la calibration du GSE a un impact majeur dans les résultats du calcul du risque retraite.

Des études de sensibilités permettent de montrer que les résultats du modèle sont très sensibles aux hypothèses du GSE et notamment à l'hypothèse d'évolution du taux d'actualisation.

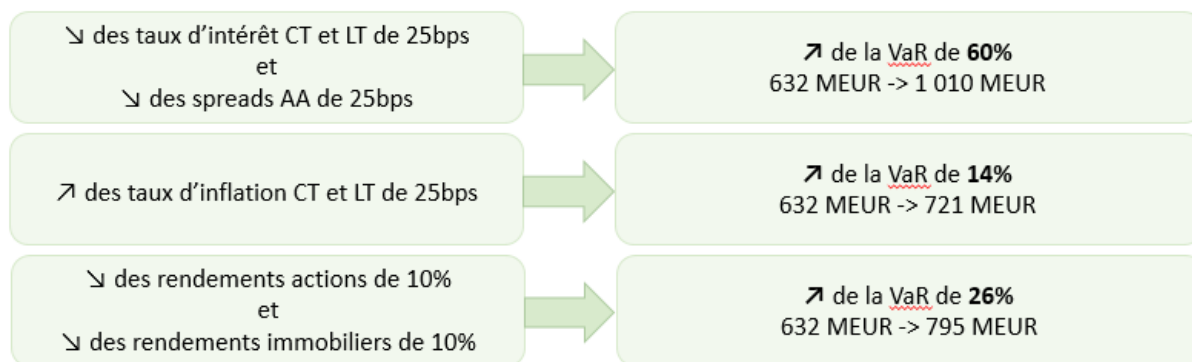


Figure 29 : Sensibilité du nouveau modèle aux scénarios économiques

Si les premiers scénarios issus du GSE pour les calculs à fin 2019 semblaient trop peu sévères, la nouvelle calibration du GSE réalisée au cours du premier semestre 2020 semble se traduire par des scénarios extrêmes plus crédibles compte tenu de la mesure de risque choisie.

Il nous faudra, toutefois, rester vigilant sur les résultats à venir afin de s'assurer que les scénarios issus du GSE nous permettent de mesurer correctement le risque lié aux engagements de retraite, c'est-à-dire de nous assurer que les scénarios sont suffisamment sévères au sens du risque retraite.

Ecart entre les données de marché utilisées pour calibrer le GSE et les données normatives utilisées pour la valorisation des plans de retraite conformément à la norme IAS 19R

Le calcul du montant du risque au titre des engagements de retraite de la Banque est réalisé sur la base d'hypothèses issues du GSE qui est calibré à partir de certaines données de marché.

Il s'avère que ces données de marché peuvent être éloignées des hypothèses normatives s'imposant au Groupe pour la valorisation des engagements sociaux dans les états financiers.

Cela est, par exemple, le cas pour l'indice iBoxx sur le marché USD qui est utilisé pour déterminer les taux d'actualisation des engagements sociaux pour les besoins comptables mais qui ne reflète pas parfaitement le marché des sociétés notées AA aux Etats-Unis. Ainsi, la projection de l'engagement de retraite à partir du nouveau modèle peut être considérée comme « économiquement fautive » même si cette projection a un sens comptable et est cohérente d'une année sur l'autre.

Ecart de rendement entre les obligations gouvernementales et les obligations de sociétés de notation équivalente à AA

Cette hypothèse estimée via les modèles satellites est appliquée de façon constante indépendamment de la durée des engagements ou actifs de couverture des plans de retraite.

Cette hypothèse est simplificatrice car, économiquement, il est tout à fait probable que ces écarts de rendement augmentent avec la durée.

3.5.3 Limites en termes de méthodologie

Méthodologie utilisée dans le cadre des modèles satellites mis en place pour modéliser les hypothèses non incluses dans le cœur du GSE

Comme indiqué dans le paragraphe décrivant les modèles satellites, il a été décidé d'utiliser des modèles autorégressifs simples pour estimer toutes les hypothèses non estimées dans le cœur du GSE. Ces modèles ont été jugés satisfaisants mais pourraient être améliorés en utilisant des modèles plus complexes.

Ces modèles seront revus dans un second temps par l'équipe en charge du GSE.

Méthode simplifiée d'interpolation du taux d'inflation

Dans la version actuelle du modèle, le taux d'inflation correspondant à la durée du plan de retraite considéré est déterminé en appliquant une simple interpolation linéaire entre les taux d'inflation court terme et long terme, tout en limitant la durée du plan de retraite à 15 ans quand celle-ci était supérieure afin d'obtenir des taux d'inflation cohérents malgré la méthode simplificatrice d'interpolation linéaire utilisée.

L'utilisation d'une méthode d'interpolation qui serait basée sur des courbes plus proches de la réalité économique nous semblerait préférable. Des études sur le sujet doivent être menées.

Hypothèse d'inflation long-terme sur la Suisse

Compte tenu du manque de données historiques sur la zone CHF, le taux d'inflation long-terme pour cette zone ne peut pas être estimé à partir d'un modèle satellite comme pour les autres zones monétaires. La décision a, par conséquent, été prise d'estimer ce taux d'inflation long-terme CHF sur la base du taux d'inflation long-terme de la zone EUR moins 70bps, qui est l'écart observé au 31 décembre 2019.

Calcul de la valeur projetée à un an de certains actifs de couverture :

- *Obligations gouvernementales et obligations gouvernementales indexées à l'inflation :*

En l'état actuel du modèle et compte tenu des informations obtenues par les entités locales, une formule de calcul simplifiée est utilisée pour projeter ces classes d'actifs. De plus, pour les obligations gouvernementales indexées à l'inflation, un taux d'intérêt dit « réel » est utilisé pour valoriser les obligations.

Ces méthodes de projection pourraient être affinées dans une version ultérieure du modèle.

- *Actions de sociétés cotées :*

Par simplification et en raison de l'information disponible dans les rapports d'actifs, tous les investissements en actions sont considérés comme étant domestiques. Ainsi, le rendement appliqué pour projeter la valeur à un an des actions est le rendement actions de la zone monétaire du plan de retraite issu du GSE.

▪ *Autres investissements dits « à haut rendement attendu » :*

Compte tenu du nombre limité d'hypothèses économiques disponibles via le GSE ou les modèles satellites, le rendement des investissements dits « à haut rendement attendu » a été supposé égal au rendement des actions de la zone monétaire du plan de retraite concerné. Cette approximation a été jugée acceptable compte tenu du pourcentage limité des actifs investis dans ces catégories d'actifs et de l'absence d'alternative, à ce stade de développement du modèle, permettant d'estimer un rendement pour ces actifs cohérent avec les scénarios économiques simulés au sein du GSE.

Risque de longévité

L'impact de la longévité avait été jugé non matériel dans le modèle actuel.

Ce risque n'a pas été pris en compte dans la première version du nouveau modèle et doit faire l'objet d'une étude spécifique afin de confirmer son caractère non matériel. Il serait intéressant de développer un modèle simulant des sauts de longévité en parvenant à corréliser ces sauts avec les autres variables économiques utilisées dans le modèle. Néanmoins, l'horizon du modèle étant d'une année, le risque de longévité devrait rester peu matériel.

CONCLUSION

En lien avec l'évolution de la réglementation et la nécessité de renforcer l'évaluation du besoin en capital interne permettant de faire face aux chocs financiers en temps de crise, nous avons montré dans ce mémoire quel a été le cheminement du Groupe pour intégrer de façon pertinente le besoin en capital au titre du risque retraite dans le processus global d'évaluation de l'adéquation des capitaux propres au profil de risque du Groupe.

De l'identification du risque au titre des engagements de retraite à prestations définies comme matériel à l'échelle du Groupe en 2015 à la mise en place du nouveau modèle de calcul du risque, de nombreuses questions se sont posées pour parvenir à une évaluation jugée pertinente de ce risque.

La mesure de risque choisie au niveau du Groupe pour tous les risques matériels est la VaR à horizon un an avec un niveau de confiance de 99,90%. Cette même mesure s'est, de fait, imposée au risque retraite. Dans un premier temps, la modélisation paramétrique mise en place a permis d'obtenir une première estimation du besoin en capital permettant de couvrir le risque retraite. Depuis 2015, ce montant de capital a pu être conforté par l'établissement de scénarios déterministes jugés plausibles compte tenu du niveau de confiance choisi au niveau du Groupe. Cependant, si ce modèle initial a permis d'évaluer l'ordre de grandeur du risque retraite, il n'est pas apparu au Groupe comme satisfaisant dans la durée notamment du fait de l'hypothèse forte de normalité de l'ensemble des facteurs de risque qui ne se vérifie pas dans la réalité. D'autre part, le modèle tel que mis en place n'était pas totalement cohérent avec les modèles établis pour d'autres risques plus significatifs pour la Banque, comme le risque de crédit. Ce manque de cohérence était lié à la fois à la méthodologie utilisée mais également aux hypothèses retenues. Il a donc été décidé de remettre en question ce modèle et d'établir une nouvelle méthodologie de calcul.

En passant à une approche stochastique, le modèle s'appuie désormais sur les scénarios économiques issus du Générateur de Scénarios Economiques (GSE) du Groupe également utilisé pour le calcul du risque de crédit. Ce nouveau modèle permet de calculer une valeur projetée à un an des engagements de retraite et de leurs actifs de couverture sur la base de scénarios économiques dont les variables sont issues, soit directement du GSE, soit de modèles satellites construits comme des modèles linéaires autorégressifs utilisant des variables du GSE. Les scénarios économiques à partir desquels est calculé le montant de la VaR au titre des engagements sociaux sont donc parfaitement cohérents avec ceux utilisés pour estimer la VaR d'autres risques plus matériels à l'échelle du Groupe. Cela assure au Groupe une mesure du risque global plus pertinente et permet de tenir compte des effets diversification entre les différents risques. Rappelons, par exemple, qu'une dégradation du risque de crédit, caractérisée par une augmentation des écarts de rendement entre les obligations d'Etat et celles de sociétés privées, se traduit par une diminution du risque au titre des engagements de retraite du fait de l'augmentation des taux d'actualisation appliqués à ces engagements. Par ailleurs, le nouveau modèle établi permet de mieux prendre en compte certaines stratégies de couverture spécifiques mises en place dans certaines filiales du Groupe.

Outre la mise en place du nouveau modèle de calcul, l'apport de ce travail réside dans la comparaison de deux approches de modélisation très différentes pour un même risque et dans l'analyse de leurs avantages et inconvénients. L'analyse des écarts au 31 décembre 2019 entre les deux modèles est délicate compte tenu des méthodologies de modélisation totalement différentes : approche paramétrique pour le modèle initial et approche stochastique pour le nouveau modèle. Dès lors, quelles sont les raisons de la validation de cette nouvelle approche ?

Parmi les points forts du nouveau modèle, se trouvent principalement la cohérence avec les modèles de calcul utilisés pour d'autres risques matériels, la meilleure maîtrise opérationnelle du processus de calcul et la meilleure auditabilité des résultats obtenus (capacité à remonter des résultats aux données d'entrée sans l'effet boîte noire inhérent au premier modèle).

Toutefois, certaines limites ont d'ores et déjà été soulignées. La limite principale est la dépendance de la VaR à l'univers des scénarios issus du GSE. En effet, comme indiqué lors de l'analyse de sensibilité sur ce point, une variation relativement faible de certaines variables engendre un impact très significatif sur le résultat. Ainsi, la revue de la calibration du GSE entre fin 2019 et juin 2020 a entraîné une hausse de 50% du montant de la VaR au titre des engagements de retraite. En d'autres termes, en passant du premier modèle paramétrique à ce second modèle, nous avons déplacé les difficultés de calibration des paramètres des lois normales vers l'univers des scénarios générés sans les résoudre réellement. Cela nous oblige à rester vigilant sur les résultats futurs issus du nouveau modèle de calcul et analyser leur cohérence avec la matérialisation de l'impact des plans de retraite sur les capitaux propres dans les états financiers. Il reste, néanmoins, que le passage d'un modèle paramétrique où les hypothèses fortes ne sont pas vérifiées à un modèle stochastique dans lequel le comportement des facteurs de risque est mieux appréhendé et qui permet une meilleure analyse des résultats constitue une avancée significative.

D'autres limites en termes de modélisation ont également été présentées. Le nouveau modèle mis en place répond à une approche macroéconomique simplifiée, notamment au niveau de certaines hypothèses issues des modèles satellites au GSE mis en place. Certains choix de modélisation ont, en effet, été contraints à la fois par les délais de mise en production et par la volonté du Groupe d'avoir une approche homogène pour tous les risques matériels, permettant ainsi plus de lisibilité et un processus de validation optimisé. Cette approche reste acceptable compte tenu du poids limité du risque retraite pour la Banque et permet une meilleure interprétation des résultats. Certaines d'entre elles vont, à court ou moyen terme, faire l'objet de travaux complémentaires. Il s'agit notamment de la revue des modèles satellites, de l'interpolation des taux d'inflation et de la prise en compte du risque de longévité.

Une fois ces deux approches évaluées, il reste un point de questionnement majeur : comment juger de la pertinence du niveau de risque mesuré ? La difficulté à porter un jugement sur le risque intrinsèque est indépendante des deux modèles. Elle est plutôt liée à la mesure de risque choisie. On peut se poser la question de la pertinence d'une mesure de risque aussi extrême même si elle est en ligne avec les attentes du régulateur.

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques

BANQUE CENTRALE EUROPEENNE (2018). Guide de la BCE relatif au processus interne d'évaluation de l'adéquation du capital (ICAAP).

BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION (2010). Bâle III : dispositif réglementaire mondial visant à renforcer la résilience des établissements et systèmes bancaires.

BREDIN D., HYDE S. (2001) FOREX Risk: Measurement and Evaluation using Value-at-Risk. Central Bank of Ireland.

CALVET A. L. (2000) La gestion globale des risques du marché : de la Value at Risk à Corporate Metrics™. Revue Internationale de Gestion, volume 25, numéro 3. Résumé uniquement.

CESA-BIANCHI A. A primer on Global Vector Autoregressions (GVARs). Lecture notes.

CHEN J. M. (2014). Measuring market risk under the basel accords: VaR, stressed VaR, and expected shortfall.

DA SILVA D. T. (2008). La Value at Risk, un outil de gestion du risque discutable ? Mémoire, Haute École de Gestion de Genève (HEG-GE)

INTERNATIONAL ACCOUNTING STANDARDS (2011). Norme IAS 19 Révisée.

JORION, P. (2000). Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk, McGraw-Hill.

LÉVY-RUEFF G. (2005). Portée et limites des VaR publiées par les grandes institutions financières. Banque de France - Revue de la stabilité financière - N° 7 - p 81-98.

NELSON C.R., SIEGEL A.F. (1987). Parsimonious modelling of yield curves. Journal of Business, 60, 473-489

PESARAN M. H. et al. (2004). Modeling regional interdependencies using a global error-correcting macroeconomic model. Journal of Business & Economic Statistics, 129–162.

RENAUDIN A. (2012). Modèle de capital économique pour le risque opérationnel bancaire : estimation, diversification. Mémoire, ISFA.

TAILLARD G. (2006). Value at Risk. Cours du CNAM (GFN 206 – Gestion d'actifs et des risques).

Ouvrages

BOURBONNAIS R. (2000), Econométrie. DUNOD.

KALFON P., PEUBEZ G. (2004). L'actuariat des avantages sociaux. Economica.

Sites internet

INTERNATIONAL ACCOUNTING STANDARDS BOARD. : www.iasb.org

EUROPEAN BANKING AUTHORITY : eba.europa.eu

ACRONYMES ET ANGLICISMES

Acronymes :

ALM	Asset and Liability Management (Gestion Actif-Passif)
APR	Actifs Pondérés des Risques
BCE	Banque Centrale Européenne
BNPP	BNP Paribas
CET	Compte Epargne Temps
CET 1	Common Equity Tier 1 (Fonds propres de base de catégorie 1)
CRD	Capital Requirements Directive (Directive européenne)
CRR	Capital Requirement Regulation (Règlement européen)
DBO	Defined Benefit Obligation
DR	Discount Rate (Taux d'actualisation)
EONIA	Euro OverNight Index Average
GSE	Générateur de Scenarios Economiques
IAS	International Accounting Standards
IASB	International Accounting Standards Board
ICAAP	Internal Capital Adequacy Assessment Process (dans le cadre du Pilier 2)
IFC	Indemnités de Fin de Carrière
IFRS	International Financial Reporting Standards (Normes internationales d'information financière)
LCR	Liquidity Coverage Ratio (Ratio de liquidité court terme)
NSFR	Net Stable Funding Ratio (Ration de liquidité long terme)
OCI	Other Comprehensive Income (Autres éléments comptabilisés en capitaux propres)
SREP	Supervisory Review and Evaluation Process
RHG C&B	Ressources Humaines Groupe – Compensation and Benefits
VaR	Value at Risk

Anglicismes :

Expected Shortfall	Perte moyenne sur la base d'un ensemble de scenarios
Goodwill	Ecart d'acquisition
Spread	Ecart de credit
Stress test	Test de résistance
Turnover	Taux de departs naturels

ANNEXES

Annexe 1 : Détail de la Comptabilisation d'un plan à prestations définies selon la norme IAS 19R 107

- 1 Evaluation du montant de l'engagement et du montant des actifs de couverture, le cas échéant .
..... 107
- 2 Détermination des montants à comptabiliser en compte de résultat..... 112
- 3 Détermination des montants à comptabiliser au bilan..... 113

Annexe 2 – Indices de marché associés aux facteurs de risque dans le cadre du modèle actuel en VaR paramétrique..... 115

Annexe 3 – Modèles satellites mis en place pour les variables non projetées via le GSE..... 119

- 1 Les modèles de taux d'inflation 120
- 2 Les modèles d'écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA 126
- 3 Les modèles de rendement à un an des actifs immobiliers..... 134

ANNEXE 1 : DETAIL DE LA COMPTABILISATION D'UN PLAN A PRESTATIONS DEFINIES SELON LA NORME IAS 19R

Les règles de comptabilisation ci-après s'appuient sur l'analyse de la norme IAS 19R réalisée par le département des Normes Groupe.

La comptabilisation d'un plan à prestations définies s'effectue selon les trois étapes suivantes :

- Etape 1 : Evaluation du montant de l'engagement et du montant des actifs de couverture ;
- Etape 2 : Détermination des montants à comptabiliser en compte de résultat ;
- Etape 3 : Détermination des montants à comptabiliser au bilan : passif ou actif net d'une part et réévaluation du passif ou de l'actif net à comptabiliser en capitaux propres non recyclables, d'autre part.

1 Evaluation du montant de l'engagement et du montant des actifs de couverture, le cas échéant

1.1 Valeur actualisée de l'obligation au titre des prestations définies

La valeur actualisée de l'obligation au titre des prestations définies est la valeur actualisée, sans déduction des actifs du régime, des paiements futurs qui devraient être nécessaires pour régler l'obligation résultant des services rendus par les membres du personnel pendant la période considérée et les périodes antérieures.

Le coût final d'un plan à prestations définies est influencé par de nombreuses variables (par exemple les salaires de fin de carrière, la rotation du personnel et la mortalité, les cotisations versées par les salariés ou l'évolution des coûts médicaux).

Pour pouvoir évaluer la valeur actualisée de l'obligation au titre des prestations définies et le coût correspondant des services rendus au cours de la période, il convient de :

- Appliquer une méthode de valorisation actuarielle
- Rattacher les droits à prestations aux périodes de service, et
- Faire des hypothèses actuarielles.

1.1.1 Méthode de valorisation actuarielle

La norme IAS 19 indique d'utiliser la méthode dite des unités de crédit projetées pour déterminer la valeur actualisée de l'obligation au titre des prestations définies, le coût correspondant des services rendus au cours de l'exercice et, le cas échéant, le coût des services passés.

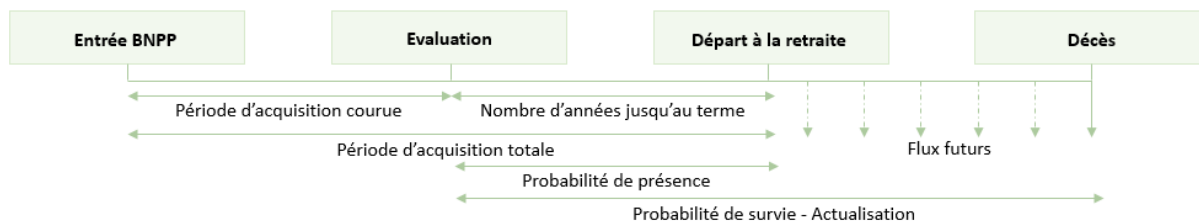
La méthode des unités de crédit projetées considère que chaque période de service donne lieu à une unité supplémentaire de droits à prestations et évalue séparément chacune de ces unités pour obtenir l'obligation finale.

Cette méthode fait partie des méthodes d'évaluation rétrospectives, l'engagement étant calculé sur la base des prestations constituées au titre des services rendus (donc passés) par l'employé à la date de l'évaluation actuarielle. Les méthodes d'évaluation prospectives -qui prennent en compte les services rendus et les services à rendre dans le futur par le salarié pour le calcul actuariel de l'engagement- ne sont pas admises par la norme IAS 19R.

Illustration de la méthode des unités de crédit projetées (cas général)

La valeur actualisée des prestations est généralement répartie uniformément (unités) sur les années de carrière nécessaires à l'acquisition des droits à prestation. La valeur actualisée de l'obligation (engagement de l'entreprise ou dette actuarielle) est alors égale à la valeur actualisée des prestations futures proratisée à hauteur des unités acquises (années de carrière déjà effectuées) par rapport au total des unités nécessaires à l'acquisition de la totalité des droits.

Dette actuarielle =
valeur actualisée des prestations * (Période d'acquisition courue) / (Période d'acquisition totale)



1.1.2 Affectation des droits aux périodes de service

Selon la méthode des unités de crédit projetées, les droits à prestations doivent être affectés aux exercices comptables au cours desquels l'obligation d'assurer des avantages postérieurs à l'emploi est générée. Cette obligation naît du fait que le personnel rend des services en contrepartie d'avantages postérieurs à l'emploi que l'entreprise devra payer au cours d'exercices futurs. Les techniques actuarielles permettent à l'entreprise d'évaluer cette obligation avec une fiabilité suffisante pour justifier la comptabilisation d'un passif.

La dette actuarielle de l'entreprise au titre des engagements de retraite s'accroît ainsi jusqu'à la date à laquelle un service supplémentaire ne donne pas lieu à un montant supplémentaire de droits à prestations. Par conséquent, la totalité de la charge est affectée aux exercices prenant fin au plus tard à cette date de fin d'acquisition des droits.

Exemple

Un régime de retraite prévoit le paiement d'un montant mensuel égal à 0,2% du salaire de fin de carrière pour chaque année de service. Cette prestation est payable à compter de 65 ans.

L'obligation (dette actuarielle) de l'entreprise au titre de ce régime de retraite pour un collaborateur est égale à la valeur actualisée du versement d'un montant mensuel égale à 0,2% du salaire estimé de fin de carrière du collaborateur multiplié par le nombre d'années de service effectivement réalisées jusqu'à la date d'évaluation des engagements sociaux.

Le coût des services rendus qui doit être affecté en charge pour une année N est égal à la valeur actualisée de l'obligation née de cette année N : c'est-à-dire la valeur actualisée à la date prévue du départ en retraite d'un montant mensuel de 0,2% du salaire estimé de fin de carrière qui sera versé entre la date prévue de départ à la retraite et la date attendue du décès.

Il existe des régimes spécifiques dans lesquels les droits à prestations sont fortement progressifs. Pour ces régimes la méthode décrite ci-dessus doit être adaptée.

En effet, si les services rendus au cours d'exercices ultérieurs à la date de l'exercice d'évaluation aboutissent à un niveau de droits à prestations supérieur de façon significative à celui des exercices antérieurs, l'entreprise doit affecter les droits à prestations sur une base linéaire entre la date à laquelle les services rendus par le membre du personnel ont commencé à générer des droits à prestations en vertu du régime et la date à laquelle les services supplémentaires rendus par le membre personnel ne généreront pas un montant supplémentaire significatif de droits à prestations.

Exemple

Un régime prévoit le paiement d'une indemnité forfaitaire de 1 000 qui est acquise après 10 années de service. Le régime ne prévoit aucun autre droit à prestations pour les années de service supplémentaires.

Un droit à prestations de 100 ($1000 / 10$) est attribué à chacune des dix premières années. Le coût des services rendus au cours de l'exercice pour chacune des 10 premières années reflète la probabilité que le membre du personnel n'achève pas ses dix années de service. Aucun droit à prestations n'est affecté aux années ultérieures.

Dans le cas d'un régime à prestations définies, les services rendus par un membre du personnel génèrent une obligation même si les droits à prestations sont conditionnés par un emploi futur, autrement dit, s'ils ne sont pas acquis (par exemple : indemnité de fin de carrière que l'on ne touche que lors du départ en retraite). Les années de service antérieures à la date d'acquisition des droits (soit dans l'exemple des indemnités de fin de carrière, la date de départ en retraite) génèrent une obligation implicite parce qu'à chaque date de clôture successive, le nombre d'années de service futur qu'un membre du personnel devra effectuer avant d'avoir droit aux prestations diminue. Lors de l'évaluation de l'obligation, il convient de tenir compte de la probabilité pour que certains membres du personnel ne réunissent pas les conditions requises pour l'acquisition des droits (hypothèses de départs naturels).

Exemple

Un régime prévoit le paiement d'une prestation de 100 pour chaque année de service, à l'exclusion des années de service effectuées avant l'âge de 25 ans. Les prestations sont immédiatement acquises.

Aucune charge n'est affectée aux années de service effectuées avant l'âge de 25 ans car les services rendus avant cette date ne génèrent aucun droit à prestation (conditionnel ou non). Un droit à prestation de 100 est affecté à chacune des années ultérieures.

Bien que certains avantages postérieurs à l'emploi, par exemple, l'assistance médicale postérieure à l'emploi, ne soient dus que si un événement spécifié (maladie) se produit alors que le membre du personnel n'est plus en activité, une obligation est créée pendant ses années de service qui lui assureront la prestation si l'événement spécifié se produit. La probabilité pour que cet événement se produise affecte l'évaluation de l'obligation mais ne détermine pas son existence.

1.1.3 Hypothèses actuarielles

Les hypothèses actuarielles utilisées pour évaluer l'engagement doivent être les meilleures estimations faites par l'entreprise des variables qui détermineront le coût final des avantages postérieurs à l'emploi.

Elles sont révisées tous les ans et comprennent :

- Des hypothèses démographiques telles que :
 - Date de départ à la retraite :
En principe, la date à retenir est celle contractuellement prévue par le régime. Toutefois, une société peut retenir une autre date si les statistiques de départ à la retraite montrent que cette dernière est plus proche de la réalité (par exemple, nécessité de repousser la date départ pour obtenir le taux plein).
Lorsqu'un salarié bénéficie de plusieurs régimes à la fois, l'âge de départ à la retraite retenu doit être le même dans les différents régimes.
 - Hypothèses de départs naturels (turnover) :
Utilisation de tables spécifiques à chaque société tenant compte des départs naturels, hors plans sociaux ou plans de restructuration et hors départ à la retraite.
 - Tables de mortalité :
Utilisation de tables certifiées ou réglementaires en vigueur dans chaque pays. Pour un même pays, les tables utilisées doivent être identiques d'une entité à l'autre.
 - Options de sortie incluses dans le plan :
Lorsque le règlement du plan propose aux salariés de choisir la forme de paiement d'un avantage, i.e. sortie en rentes ou en capital, l'entité doit faire une hypothèse actuarielle sur la proportion de salariés à choisir chaque option.
- Des hypothèses financières telles que :
 - Le taux d'actualisation :
Le taux d'actualisation reflète la valeur temps de l'argent. Le taux à appliquer pour actualiser les obligations au titre des avantages postérieurs à l'emploi doit normativement être déterminé par référence à un taux de marché à la date de clôture fondé sur les obligations émises par des entreprises de première catégorie, ou à défaut le taux des obligations d'Etat à la date de clôture.
Le Groupe BNP Paribas a décidé d'utiliser les taux figurant ci-après, lesquels ont été déterminés après analyse de la liquidité des marchés concernés :

Zone géographique	Taux d'actualisation (référence)
Zone EUR	Taux des obligations des entreprises notées AA, prolongés sur les maturités longues
Zone GBP	Taux des obligations des entreprises notées AA
Zone USD	Taux des obligations des entreprises notées AA
Autres zones / pays	Les entités doivent être à même de justifier le taux d'actualisation retenu en fonction de l'analyse de la liquidité du marché.

Le taux utilisé est obligatoirement fonction de la maturité de la prestation concernée ce qui pour certaines maturités longues peut nécessiter une extrapolation de la courbe des taux. Cela est le cas, au sein du Groupe, sur la zone EUR.

- Evolution des salaires et niveaux des prestations
L'entité doit évaluer ses obligations sur une base reflétant les augmentations de salaire futures estimées qui influent sur les prestations à payer.

- Hypothèse d'inflation

L'hypothèse d'inflation doit être identique pour une année donnée pour l'ensemble des prestations de maturité similaires des régimes situés dans un même pays. Elle doit être cohérente avec les autres hypothèses économiques (comme, par exemple, le taux de revalorisation des rentes) et s'appuyer sur des considérations à long terme.

Le Groupe BNP Paribas utilise des taux d'inflation déterminés en fonction des zones monétaires. Ils sont établis :

- Pour la zone EUR : sur la base des taux spot des swaps d'inflation et des données macro-économiques en ligne avec les hypothèses économiques du Groupe ;
- Pour la zone GBP : par différence entre le taux des obligations d'Etat et le taux des obligations d'Etat indexées à l'inflation ;
- Pour les autres zones : sur la base des données macroéconomiques internes au Groupe ou externes en l'absence de données internes.

- Revalorisation des rentes

Lorsque que la sortie du régime de retraite s'effectue en rentes, la revalorisation des rentes est intégrée au calcul des engagements et déterminée selon les dispositions contractuelles ou légales.

- Taxes payées par le plan

Les taxes payées par le plan au titre des cotisations payées pour les services rendus jusqu'à la date de clôture et des prestations à verser qui en résultent sont estimées et intégrées à la dette actuarielle et au coût des services rendus.

L'impact des changements d'hypothèses actuarielles (démographiques ou financières) ainsi que les différences entre les montants de prestations estimés et les montants payés (écart d'expérience) sont reconnus comptablement en capitaux propres pour les avantages postérieurs à l'emploi à prestations définies.

1.2 La juste valeur des actifs de couverture

Les engagements au titre des régimes à prestations définies peuvent être, pour tout ou partie, couverts par des actifs de couverture. La notion d'actifs de couverture au sens de la norme IAS 19 recouvre deux catégories d'actifs : les actifs du régime d'une part et les droits à remboursement d'autre part.

1.2.1 Actifs du régime

Les actifs du régime comprennent les actifs détenus par une entité ou par un fonds juridiquement distinct de l'entreprise ainsi que les polices d'assurances émises par un assureur indépendant du groupe. La seule vocation de ces actifs est de payer ou de financer les avantages postérieurs à l'emploi ; ils ne peuvent donc pas être utilisés pour payer les créateurs de l'entreprise ou être rendus à l'entreprise.

Les actifs du régime doivent être évalués à leur juste valeur (ou valeur de marché) en date de clôture. La juste valeur est le prix qui serait reçu pour la vente d'un actif ou payé pour le transfert d'un passif

lors d'une transaction normale entre les participants de marché à la date d'évaluation. La juste valeur des actifs du régime est transmise à la date de clôture par le gestionnaire du fonds.

Lorsque la banque a conclu un contrat d'assurance (gestion externe) pour la couverture de ses engagements à prestations définies, la valeur des actifs de couverture est représentée par le montant en date de clôture des provisions mathématiques constituées par l'assureur au titre du contrat concerné.

1.2.2 Droits à remboursement

Les actifs de couverture reconnus entre droits à remboursement sont de 2 types. L'entreprise détient un droit à remboursement :

- Lorsqu'il est pratiquement certain qu'un tiers va rembourser tout ou partie des dépenses à encourir pour régler les obligations au titre des prestations définies
- Lorsque les contrats d'assurance sont souscrits auprès de sociétés dans lesquelles le Groupe BNPP détient une participation : cela est le cas des actifs logés chez Cardif ou AG Insurance par exemple.

Le droit à remboursement est comptabilisé comme un actif distinct non netté avec l'engagement sous-jacent. Comme les actifs de régime, le droit à remboursement est évalué à sa juste valeur à la date de clôture.

2 Détermination des montants à comptabiliser en compte de résultat

Les montants à comptabiliser dans le compte de résultat au titre d'un plan à prestations définies sont les suivants :

- Le coût des services rendus au cours de la période ;
- Le coût des services passés ;
- Le profit ou la perte sur liquidation d'un régime ; et
- Les intérêts nets sur le passif (actif) net au titre des prestations définies.

2.1 Coût des services rendus au cours de la période

Ce coût correspond à l'accroissement de la valeur actualisée de l'obligation au titre des prestations définies résultant des services rendus par les salariés pendant la période considérée.

2.2 Coût des services passés

Le coût des services passés est la variation de la valeur actualisée de l'obligation au titre des prestations définies pour les services rendus par les salariés au cours de périodes antérieures qui résulte de la modification d'un régime (instauration ou cessation d'un régime à prestations définies, ou de changements au régime) ou de la réduction d'un régime (diminution importante, décidée par l'employeur, du nombre de salariés couverts par le régime).

Le coût des services passés peut être :

- Soit positif (charge à comptabiliser en compte de résultat) si l'adoption d'un régime ou la modification des avantages conduit à l'augmentation de la dette actuarielle au titre du régime à prestations définies,
- Soit négatif (produit à comptabiliser en compte de résultat) dans le cas inverse.

Lorsque l'entité réduit les avantages à payer au titre d'un plan existant, et en même temps augmente le montant d'autres prestations à payer aux membres du personnel en vertu du régime, elle comptabilise le changement comme une seule variation nette.

2.3 Profit ou perte sur liquidation

Lors de la liquidation d'un régime à prestations définies, un profit ou une perte au titre de cette liquidation doit être comptabilisé en compte de résultat.

Le profit ou la perte lié à une liquidation est égal à la différence entre :

- La valeur actualisée de l'obligation au titre des prestations définies qui est réglée, déterminée à la date de la liquidation ; et
- La contrepartie de la liquidation, y compris le cas échéant le montant des actifs du régime transférés et des paiements effectués directement par l'entité dans le cadre de la liquidation.

Il y a liquidation lorsque l'entreprise conclut une transaction éliminant toute obligation juridique ou implicite ultérieure pour tout ou partie des prestations prévues par un régime à prestations définies, soit en versant un capital aux bénéficiaires pour solde de leurs droits, soit en contractant avec une compagnie d'assurance pour qu'elle prenne en charge l'ensemble des risques résultant du régime.

2.4 Intérêts nets sur le passif (ou l'actif) net au titre des prestations définies

Ces intérêts correspondent à la variation pour la période du passif (ou de l'actif) net au titre des prestations définies, attribuable au passage du temps.

Le calcul de ces intérêts nets est fait en multipliant le passif (ou l'actif) net au titre par le taux d'actualisation tel que déterminé au début de l'exercice.

Il prend en compte la variation du passif (ou de l'actif) net au titre des prestations définies au cours de la période attribuable aux paiements des cotisations et de prestations à l'exclusion de toute autre variation, telle que les écarts actuariels.

3 Détermination des montants à comptabiliser au bilan

3.1 Comptabilisation du passif ou de l'actif net lorsque les actifs de couverture sont des actifs de régime

Le passif ou l'actif net au titre des prestations définies se calcule par différence entre l'engagement de l'employeur et les actifs de couverture.

Si le résultat de ce calcul est un passif net (engagement supérieur aux actifs de couverture), une provision est comptabilisée.

Si le résultat de ce calcul est un actif net (actifs de couverture supérieurs à l'engagement), deux cas de figure se présentent :

- L'employeur peut comptabiliser l'actif net au bilan sous les conditions suivantes :
 - Il a la capacité d'utiliser l'excédent d'actifs pour générer des avantages futurs ;
 - Cet excédent est le résultat d'événements passés, i.e. cotisations payées par l'employeur ; et
 - L'employeur peut attendre des avantages économiques futurs sous la forme d'une diminution de ses cotisations futures ou d'un remboursement en trésorerie, soit directement à l'employeur, soit indirectement par affectation à un régime en déficit.
- L'employeur est tenu de plafonner le montant des actifs et ne peut donc reconnaître comptablement un actif net dans le cas où il existe des restrictions particulières à l'utilisation du sur-financement, par exemple lorsqu'il s'agit de cotisations non modulables, d'une obligation de financement minimum du régime ou lorsqu'un remboursement du surplus d'actifs à l'employeur n'est pas possible.

3.2 Comptabilisation des réévaluations du passif ou de l'actif net en capitaux propres non recyclables

Les réévaluations du passif (ou de l'actif) net à comptabiliser en capitaux propres non recyclables en résultat net au cours d'une période ultérieure comprennent :

- Les écarts actuariels côté engagement : démographiques, financiers ou d'expérience ;
- L'écart de rendement entre le rendement réel des actifs et le rendement normatif pris en compte dans le calcul des intérêts ;
- La variation, le cas échéant, de l'effet du plafond de l'actif, à l'exclusion des montants pris en compte dans le compte de résultat.

Cette volatilité est comptabilisée immédiatement au bilan.

La mesure de l'obligation résultant d'un régime peut évoluer fortement d'un exercice à l'autre en fonction de changements d'hypothèses actuarielles à long terme (hypothèses démographiques, politique salariale, ...) et de l'évolution des marchés financiers (taux d'actualisation, ...).

Les écarts actuariels ne comprennent pas les variations de la valeur actualisée de l'obligation au titre des prestations définies découlant de l'adoption, de la modification, de la réduction ou de la liquidation d'un plan à prestations définies, ou encore de la modification des prestations à payer selon le régime. Ces variations donnent lieu à un coût des services passés ou à un profit ou une perte sur liquidation.

ANNEXE 2 – INDICES DE MARCHÉ ASSOCIÉS AUX FACTEURS DE RISQUE DANS LE CADRE DU MODELE ACTUEL EN VAR PARAMETRIQUE

Table des indices de marché associés aux facteurs de risque zone EUR dans la cadre du modèle actuel développé en 2015

Indices de marché associés aux facteurs de risque zone EUR - modèle actuel
Barclays Capital Euro Aggregate Government bonds (1-3, 3-5, 5-7, 7-10, 10+ year)
Barclays Capital Euro Government Inflation linked bonds (1-10, 7-10, 10+ year)
BofA Merrill Lynch EMU Corporates AA 10+ year
BofA Merrill Lynch EMU Corporates
Barclays Capital Pan European High Yield bonds
BofA Merrill Lynch Global High Yield bonds
BofA Merrill Lynch Global High Yield bonds hedged back to EUR
BofA Merrill Lynch Global Aggregate bonds
BofA Merrill Lynch Global Aggregate bonds hedged back to EUR
JP Morgan EMBI+
JP Morgan GBI EM Global Diversified Composite
HFRI FOF : Market Defensive hedged back to EUR
MSCI EMU
MSCI World
MSCI World hedged back to EUR
MSCI Emerging markets
FTSE EPRA/NAREIT Developed hedged back to EUR

Table des indices de marché associés aux facteurs de risque zone USD dans la cadre du modèle actuel développé en 2015

Indices de marché associés aux facteurs de risque zone USD - modèle actuel
Barclays Capital US Treasury bonds (1-3, 3-5, 5-10, 10-20, 20+ year)
Barclays Capital US Treasury Inflation Notes (1-10, 10+ year)
BofA Merrill Lynch US Corporates AA 15+ year
BofA Merrill Lynch US Corporates Master bonds
BofA Merrill Lynch US High Yield Master II bonds
BofA Merrill Lynch Global High Yield bonds
BofA Merrill Lynch Global High Yield bonds hedged back to USD
BofA Merrill Lynch Global Aggregate bonds
BofA Merrill Lynch Global Aggregate bonds hedged back to USD
JP Morgan EMBI+
JP Morgan GBI EM Global Diversified Composite
HFRI FOF : Market Defensive
MSCI USA
MSCI World
MSCI World hedged back to USD
MSCI Emerging markets
FTSE EPRA/NAREIT Developed hedged back to USD

Table des indices de marché associés aux facteurs de risque zone GBP dans la cadre du modèle actuel développé en 2015

Indices de marché associés aux facteurs de risque zone GBP - modèle actuel
FTA UK Gilts (up to 5, 5-10, 10-15, 15-25, 25+ year)
FTA UK index Linked Gilts (up to 5, 5-15, 15+ year)
BofA Merrill Lynch Sterling Corporate & Collateralized AA bonds
BofA Merrill Lynch Sterling Corporate & Collateralized bonds
Barclays Capital Pan European High Yield bonds
BofA Merrill Lynch Global High Yield bonds
BofA Merrill Lynch Global High Yield bonds hedged back to GBP
BofA Merrill Lynch Global Aggregate bonds
BofA Merrill Lynch Global Aggregate bonds hedged back to GBP
JP Morgan EMBI+
JP Morgan GBI EM Global Diversified Composite
HFRI FOF : Market Defensive hedged back to GBP
MSCI United Kingdom
MSCI World
MSCI World hedged back to GBP
MSCI Emerging markets
FTSE EPRA/NAREIT Developed hedged back to GBP

Table des indices de marché associés aux facteurs de risque zone CHF dans la cadre du modèle actuel développé en 2015

Indices de marché associés aux facteurs de risque zone CHF - modèle actuel
Datastream Government Benchmark Bond 3 / 7 / 10 year : Switzerland
Barclays Capital Swiss Franc Aggregate – Domestic Corporate
Barclays Capital Pan European High Yield bonds
BofA Merrill Lynch Global High Yield bonds
BofA Merrill Lynch Global High Yield bonds hedged back to CHF
BofA Merrill Lynch Global Aggregate bonds
BofA Merrill Lynch Global Aggregate bonds hedged back to CHF
JP Morgan EMBI+
JP Morgan GBI EM Global Diversified Composite
HFRI FOF : Market Defensive hedged back to CHF
MSCI Switzerland
MSCI World
MSCI World hedged back to CHF
MSCI Emerging markets
FTSE EPRA/NAREIT Developed hedged back to CHF

ANNEXE 3 – MODELES SATELLITES MIS EN PLACE POUR LES VARIABLES NON PROJETEES VIA LE GSE

Certaines hypothèses fondamentales pour la modélisation du risque retraite n’ont pas pu être intégrées directement dans le GSE développé par le Groupe. La décision a donc été prise de définir ces variables manquantes à partir de modèles de régression linéaires dont les variables explicatives sont des variables directement issues du GSE (Produit Intérieur Brut ou « PIB », Indice des prix à la consommation à 1 an, taux d’intérêt long terme et rendement à un an des actions). Ces variables sont donc tout-à-fait cohérentes avec les scénarios économiques du générateur mais elles ne rétroagissent pas sur les variables développées au cœur du GSE.

Trois variables ont ainsi été modélisées à l’aide de ces modèles satellites :

- Taux d’inflation long terme (15 ans) : pour les zones monétaires EUR, USD et GBP.
- Ecart de rendement entre les obligations d’Etat et les obligations de sociétés de notation AA (spread AA) pour les zones monétaires EUR, USD, GBP et CHF
- Rendement à un an des actifs immobiliers pour les zones monétaires EUR, USD, GBP et CHF

Les modèles qui ont été retenus sont des modèles autorégressifs. Il s’agit soit des meilleurs modèles en termes de R2 ajusté soit de modèles décidés à dire d’expert sur des critères de pertinence économique.

Le choix d’utiliser de simples modèles autorégressifs s’explique essentiellement par des raisons opérationnelles. En effet, le choix d’une famille de modèles qui permet d’obtenir des résultats satisfaisants en utilisant une seule et même méthode pour tous les modèles satellites (pour la quarantaine de variables non intégrées au GSE) a été privilégié compte tenu des contraintes de temps auxquelles nous avons dû faire face. Cette méthodologie pourra être affinée dans un second temps.

L’historique des données utilisées pour la calibration de ces modèles satellites peut varier de quelques années en fonction des variables. Pour les variables incluses dans le GSE, les séries historiques utilisées pour calibrer les modèles satellites sont identiques à celles utilisées lors de la calibration du GSE.

Les modèles ont été estimés sous Python en suivant à chaque fois la même méthodologie :

- Analyse des séries historiques de la variable à expliquer et des variables explicatives retenues
- Détermination des coefficients du modèle linéaire autorégressif
- Analyse des résidus

Cette méthodologie est déroulée ci-après pour chacun des modèles satellites établis. Cependant, la méthodologie étant similaire pour tous les modèles, certaines redites peuvent apparaître dans cette description.

1 Les modèles de taux d'inflation

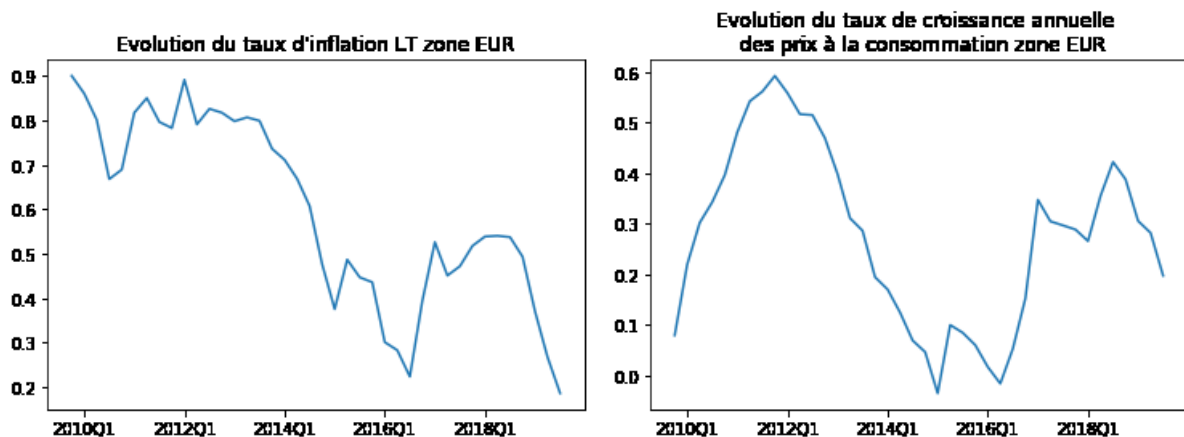
1.1 Modèle linéaire retenu pour le taux d'inflation long-terme de la zone EUR

Données historiques utilisées pour la calibration du modèle :

Les données historiques retenues pour ce modèle sont les suivantes. Elles portent sur une période de 10 ans de Q4 2009 à Q3 2019 et sont de fréquence trimestrielle :

- Taux d'inflation long terme (15 ans) zone EUR, noté LTINF_EUR
- Croissance annuelle de l'indice des prix à la consommation de la zone EUR, notée CPI_EUR_GR4.

Visualisation graphique des séries :



Modèle linéaire autorégressif retenu :

La sortie python décrivant le modèle linéaire auto régressif sélectionné est reprise ci-dessous :

```

=====
                    OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:          LTINF_EUR   R-squared:                0.885
Model:                  OLS         Adj. R-squared:           0.879
Method:                 Least Squares   F-statistic:              143.0
Date:                   Fri, 17 Jul 2020   Prob (F-statistic):       3.91e-18
Time:                   15:48:12         Log-Likelihood:           49.937
No. Observations:      40             AIC:                      -93.87
Df Residuals:          37             BIC:                      -88.81
Df Model:               2
Covariance Type:       nonrobust
=====
                    coef    std err   t      P>|t|   [0.025   0.975]
-----
const                0.0049    0.037    0.133    0.895   -0.071    0.080
LTINF_EUR_Lag1       0.8877    0.067   13.208    0.000    0.752    1.024
CPI_EUR_GR4          0.1712    0.076    2.248    0.031    0.017    0.326
=====
Omnibus:                0.787   Durbin-Watson:           1.647
Prob(Omnibus):          0.675   Jarque-Bera (JB):        0.748
Skew:                   0.306   Prob(JB):                0.688
Kurtosis:               2.729   Cond. No.                 9.58
=====

```

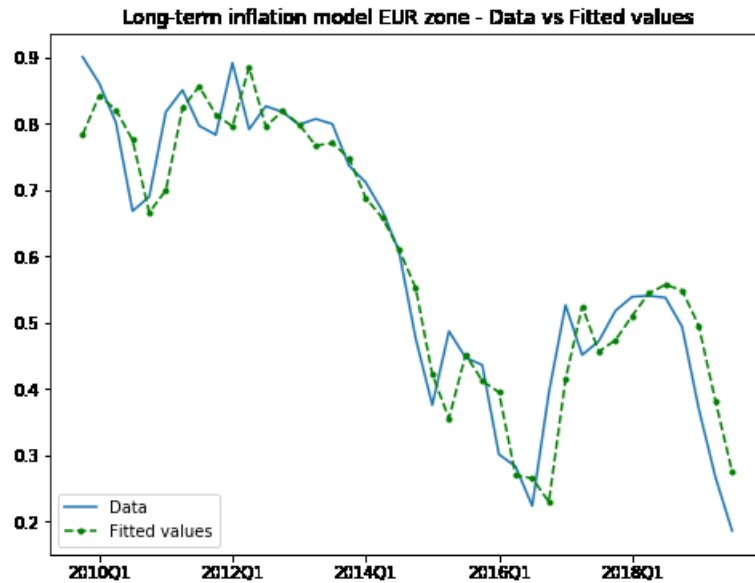
Avec comme variables explicatives:

- LTINF_EUR_Lag1 : le taux d'inflation long terme zone EUR décalé d'un trimestre (composante autorégressive)
- CPI_EUR_GR4 : la croissance annuelle de l'indice des prix à la consommation de la zone EUR (variable modélisée dans le GSE du Groupe)

Comme indiqué sur la sortie Python, le R2 ajusté ressort à 87,9% ce qui est a été jugé satisfaisant.

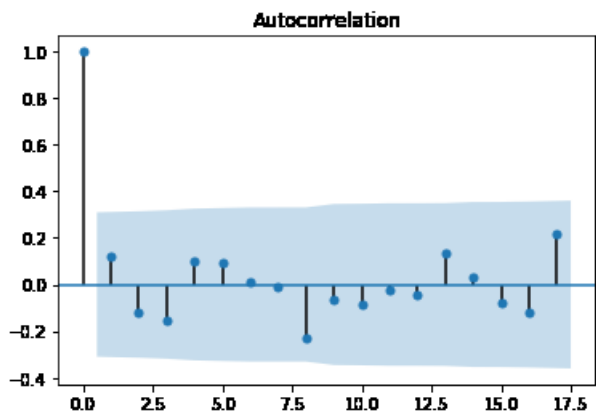
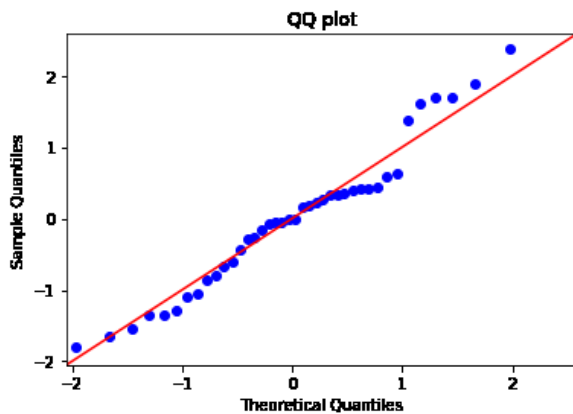
Les différentes statistiques nous donnent des informations a priori satisfaisantes sur la qualité du modèle. Ces informations sont complétées par une visualisation graphique du modèle et différents tests sur les résidus présentés ci-après.

Visualisation graphique du modèle retenu :



Tests sur les résidus du modèle :

Nature du test sur les résidus	Type de test	p-value	Conclusion	Graphe
Normalité	Shapiro-Wilk	20,7 %	H0 : Normalité acceptée	QQ-plot
Autocorrélation	Ljung-box	76,9 % à l'ordre 10	H0 : Non-autocorrélation d'ordre 1 à 10 acceptée	Autocorrélogramme
Homoscédasticité	Breusch-Pagan	7,7 %	H0 : Homoscédasticité acceptée	NA



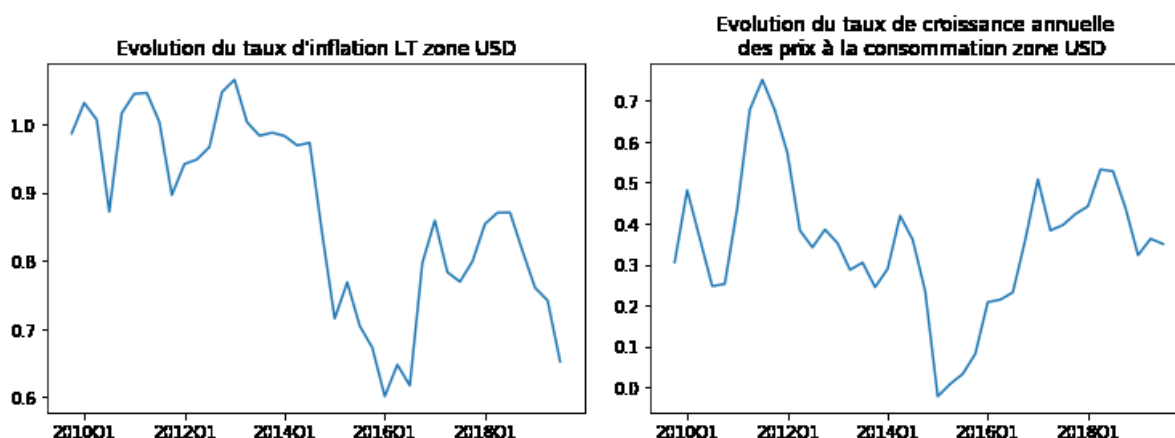
1.2 Modèle linéaire retenu pour le taux d'inflation long-terme de la zone USD

Données historiques utilisées pour la calibration du modèle :

Les données historiques retenues pour ce modèle sont les suivantes. Elles portent sur une période de 10 ans de Q4 2009 à Q3 2019 et sont de fréquence trimestrielle :

- Taux d'inflation long terme (15 ans) zone USD, noté LTINF_USD
- Croissance annuelle de l'indice des prix à la consommation de la zone USD, notée CPI_USD_GR4.

Visualisation graphique des séries :



Modèle linéaire autorégressif retenu :

La sortie python décrivant le modèle linéaire auto régressif sélectionné est reprise ci-dessous :

```

=====
                    OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:          LTINF_USD      R-squared:                0.779
Model:                  OLS            Adj. R-squared:           0.768
Method:                 Least Squares   F-statistic:              65.37
Date:                  Fri, 17 Jul 2020  Prob (F-statistic):       7.17e-13
Time:                  15:55:32         Log-Likelihood:          53.727
No. Observations:      40              AIC:                     -101.5
Df Residuals:          37              BIC:                     -96.39
Df Model:               2
Covariance Type:       nonrobust
=====
                    coef    std err          t      P>|t|      [0.025    0.975]
-----
const                0.0907     0.071      1.275    0.210    -0.053    0.235
LTINF_USD_Lag1       0.8434     0.087     9.708    0.000     0.667    1.019
CPI_USD_GR4          0.1110     0.068     1.633    0.111    -0.027    0.249
=====
Omnibus:                 1.002    Durbin-Watson:           1.783
Prob(Omnibus):           0.606    Jarque-Bera (JB):        0.592
Skew:                    0.298    Prob(JB):                 0.744
Kurtosis:                3.033    Cond. No.                 15.1
=====

```

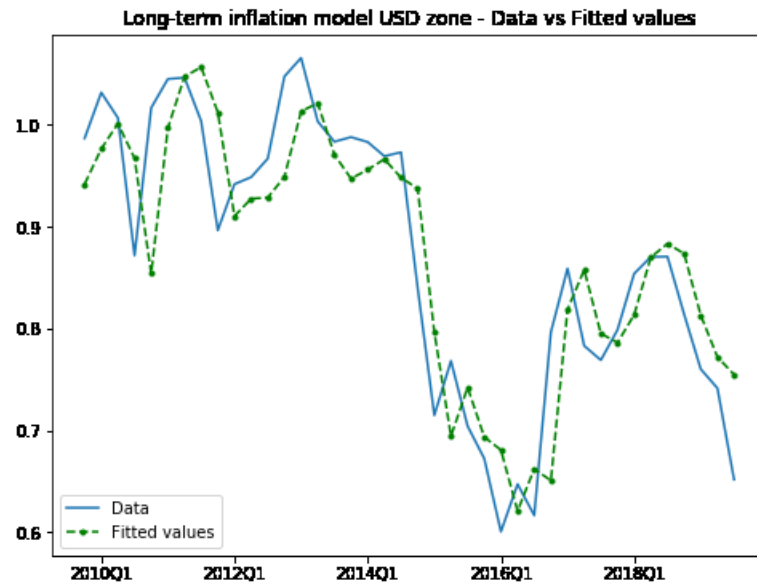
Avec comme variables explicatives :

- LTINF_USD_Lag1 : le taux d'inflation long terme zone USD décalé d'un trimestre (composante autorégressive)
- CPI_USD_GR4 : la croissance annuelle de l'indice des prix à la consommation de la zone USD (variable modélisée dans le GSE du Groupe)

Comme indiqué sur la sortie Python, le R2 ajusté ressort à 76,8% ce qui est a été jugé satisfaisant.

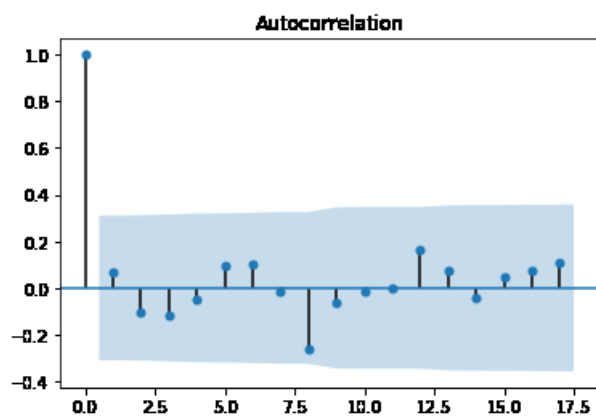
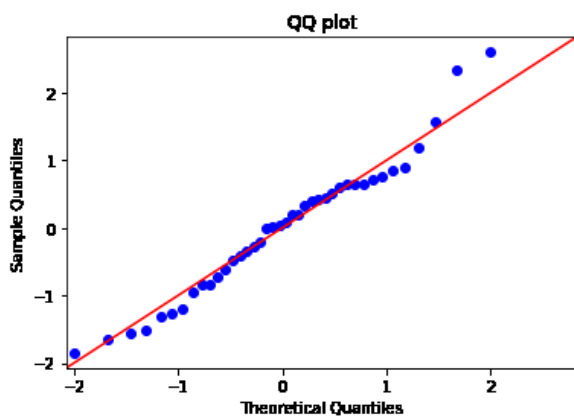
Les différentes statistiques nous donnent des informations a priori satisfaisantes sur la qualité du modèle. Ces informations sont complétées par, une visualisation graphique du modèle et différents tests sur les résidus présentés ci-après.

Visualisation graphique du modèle retenu :



Tests sur les résidus du modèle :

Nature du test sur les résidus	Type de test	p-value	Conclusion	Graphe
Normalité	Shapiro-Wilk	37,8 %	H0 : Normalité acceptée	QQ-plot
Autocorrélation	Ljung-box	79,1 % à l'ordre 10	H0 : Non-autocorrélation d'ordre 1 à 10 acceptée	Autocorrélogramme
Homoscédasticité	Breusch-Pagan	57,5 %	H0 : Homoscédasticité acceptée	NA



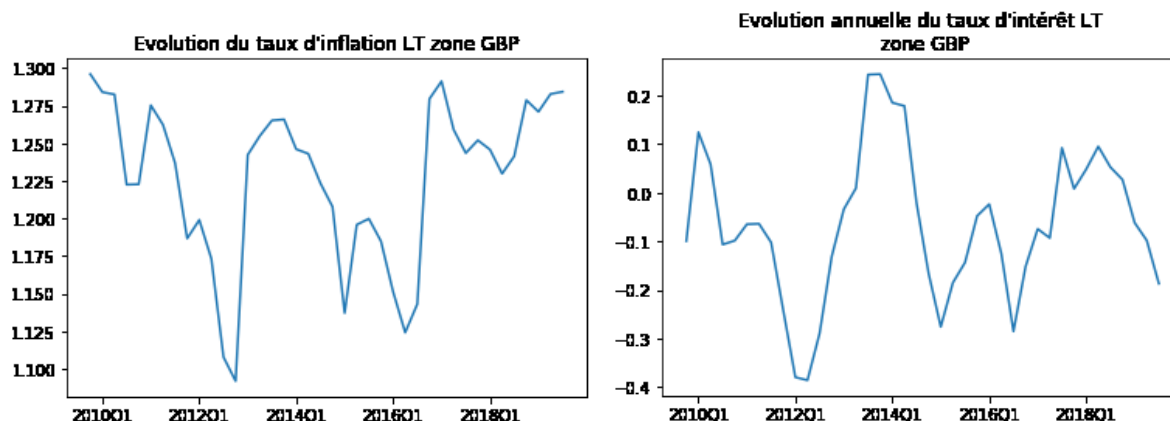
1.3 Modèle linéaire retenu pour le taux d'inflation long-terme de la zone GBP

Données historiques utilisées pour la calibration du modèle :

Les données historiques retenues pour ce modèle sont les suivantes. Elles portent sur une période de 10 ans de Q4 2009 à Q3 2019 et sont de fréquence trimestrielle :

- Taux d'inflation long terme (15 ans) zone GBP, noté LTINF_GBP
- Evolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de la zone GBP, notée LR_GBP_GR4.

Visualisation graphique des séries :



Modèle linéaire autorégressif retenu :

La sortie python décrivant le modèle linéaire auto régressif sélectionné est reprise ci-dessous :

```

OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:          LTINF_GBP    R-squared:                0.523
Model:                  OLS          Adj. R-squared:           0.497
Method:                 Least Squares  F-statistic:              20.28
Date:                   Fri, 17 Jul 2020  Prob (F-statistic):       1.13e-06
Time:                   16:00:49      Log-Likelihood:          75.443
No. Observations:      40            AIC:                     -144.9
Df Residuals:          37            BIC:                     -139.8
Df Model:               2
Covariance Type:       nonrobust
=====
                    coef    std err          t      P>|t|      [0.025    0.975]
-----
const                0.5440     0.156     3.490     0.001     0.228     0.860
LTINF_GBP_Lag1       0.5616     0.126     4.462     0.000     0.307     0.817
LR_GBP_GR4           0.0952     0.044     2.142     0.039     0.005     0.185
=====
Omnibus:              4.960    Durbin-Watson:           1.579
Prob(Omnibus):        0.084    Jarque-Bera (JB):        3.632
Skew:                 0.584    Prob(JB):                0.163
Kurtosis:             3.902    Cond. No.                52.9
=====

```

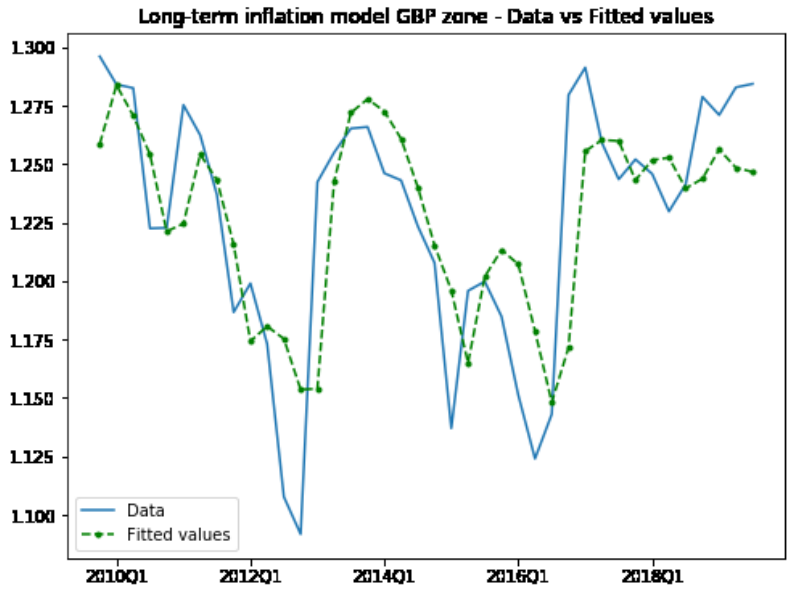
Avec comme variables explicatives :

- LTINF_GBP_Lag1 : le taux d'inflation long terme zone GBP décalé d'un trimestre (composante autorégressive)
- LR_GBP_GR4 : l'évolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de la zone GBP (variable modélisée dans le GSE du Groupe)

Comme indiqué sur la sortie Python, le R2 ajusté ressort à 49,7% ce qui est un des plus faibles R2 obtenu lors de la calibration des modèles satellites. Il a toutefois été jugé acceptable.

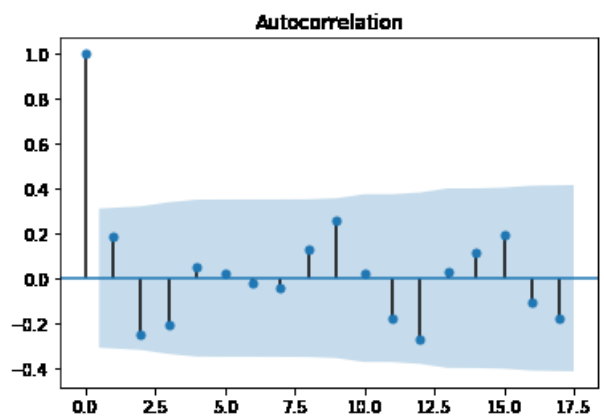
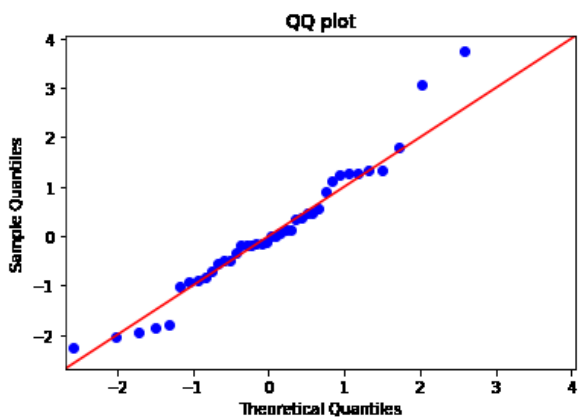
Les différentes statistiques nous donnent des informations a priori satisfaisantes sur la qualité du modèle. Ces informations sont complétées par une visualisation graphique du modèle et différents tests sur les résidus présentés ci-après.

Visualisation graphique du modèle retenu :



Tests sur les résidus du modèle :

Nature du test sur les résidus	Type de test	p-value	Conclusion	Graphe
Normalité	Shapiro-Wilk	11,2 %	H0 : Normalité acceptée	QQ-plot
Autocorrélation	Ljung-box	36,2 % à l'ordre 10	H0 : Non-autocorrélation d'ordre 1 à 10 acceptée	Autocorrélogramme
Homoscédasticité	Breusch-Pagan	0,1 %	H0 : Homoscédasticité rejetée	NA



2 Les modèles d'écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA

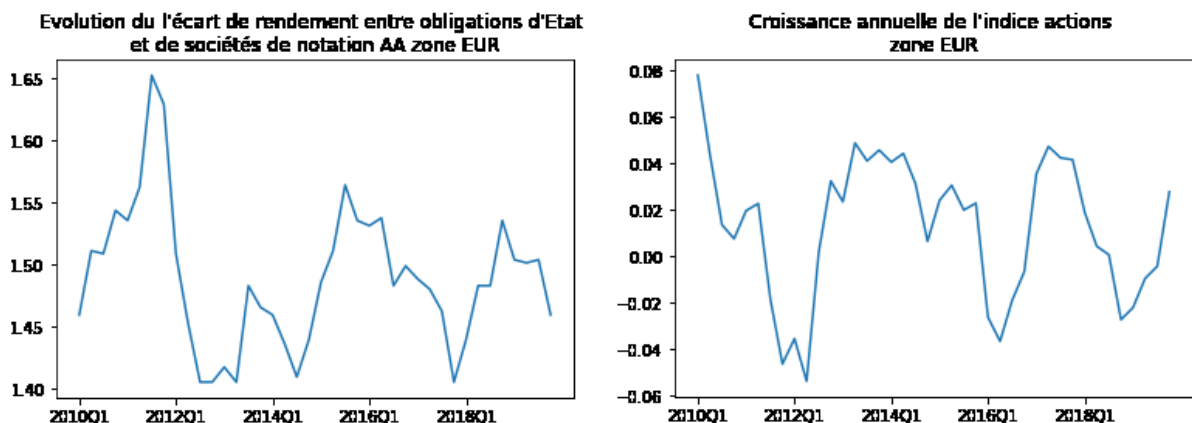
2.1 Modèle linéaire retenu pour l'écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA sur la zone EUR

Données historiques utilisées pour la calibration du modèle :

Les données historiques retenues pour ce modèle sont les suivantes. Elles portent sur une période de 10 ans de Q1 2010 à Q4 2019 et sont de fréquence trimestrielle :

- Logarithme du spread entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA pour la zone EUR, noté $\ln CS_EUR$
- Croissance annuelle de l'indice actions de la zone EUR, notée EQU_EUR_GR4

Visualisation graphique des séries :



Modèle linéaire autorégressif retenu :

La sortie python décrivant le modèle linéaire auto régressif sélectionné est reprise ci-dessous :

```

OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:          lnCS_EUR      R-squared:                0.595
Model:                  OLS           Adj. R-squared:           0.573
Method:                 Least Squares  F-statistic:              27.15
Date:                   Wed, 29 Jul 2020  Prob (F-statistic):       5.53e-08
Time:                   10:17:11       Log-Likelihood:          76.523
No. Observations:      40            AIC:                     -147.0
Df Residuals:          37            BIC:                     -142.0
Df Model:               2
Covariance Type:       nonrobust
=====
                    coef    std err   t      P>|t|    [0.025    0.975]
-----
const                0.2110    0.177    1.193    0.241    -0.147    0.569
lnCS_EUR_Lag1       0.8538    0.118    7.254    0.000    0.615    1.092
EQU_EUR_GR4_Lag1   0.4593    0.217    2.118    0.041    0.020    0.899
=====
Omnibus:              0.634    Durbin-Watson:           1.627
Prob(Omnibus):        0.728    Jarque-Bera (JB):        0.293
Skew:                 0.209    Prob(JB):                0.864
Kurtosis:             3.036    Cond. No.                79.3
=====

```

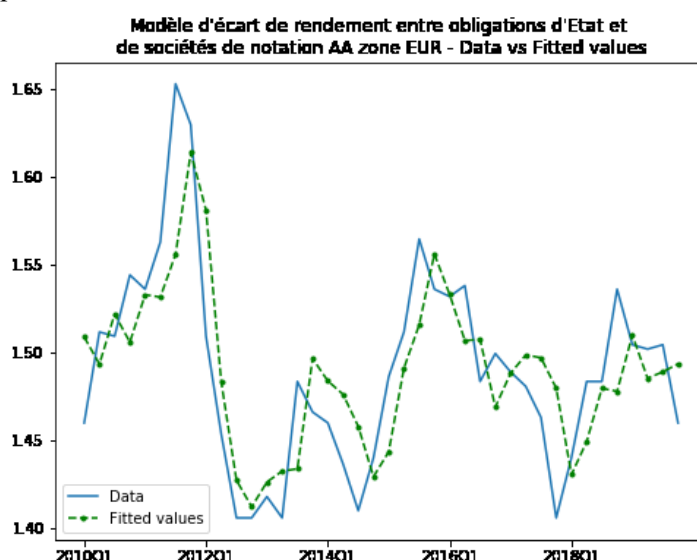
Avec comme variables explicatives :

- $\ln CS_EUR_Lag1$: le logarithme du spread entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA pour la zone EUR décalé d'un trimestre (composante autorégressive)
- $EQU_EUR_GR4_Lag1$: la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone EUR décalé d'un trimestre (variable modélisée dans le GSE du Groupe)

Comme indiqué sur la sortie Python, le R2 ajusté ressort à 57,3% ce qui a été jugé acceptable.

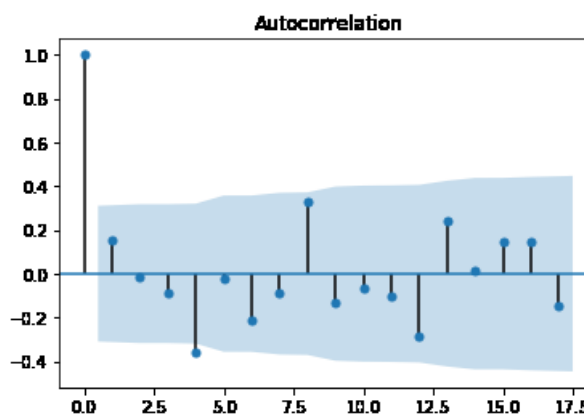
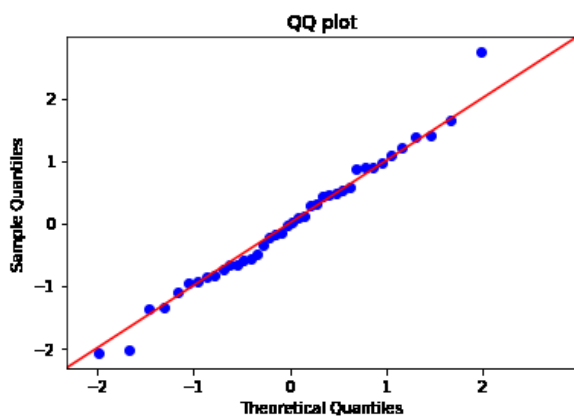
Les différentes statistiques nous donnent des informations a priori satisfaisantes sur la qualité du modèle mis à part le test de colinéarité qui semble mettre en évidence la présence de multicollinéarité entre les variables. Ces informations sont complétées par une visualisation graphique du modèle et différents tests sur les résidus présentés ci-après.

Visualisation graphique du modèle retenu :



Tests sur les résidus du modèle :

Nature du test sur les résidus	Type de test	p-value	Conclusion	Graphe
Normalité	Shapiro-Wilk	94,0 %	H0 : Normalité acceptée	QQ-plot
Autocorrélation	Ljung-box	7,4 % à l'ordre 10	H0 : Non-autocorrélation d'ordre 1 à 10 acceptée	Autocorrélogramme
Homoscédasticité	Breusch-Pagan	23,1 %	H0 : Homoscédasticité acceptée	NA



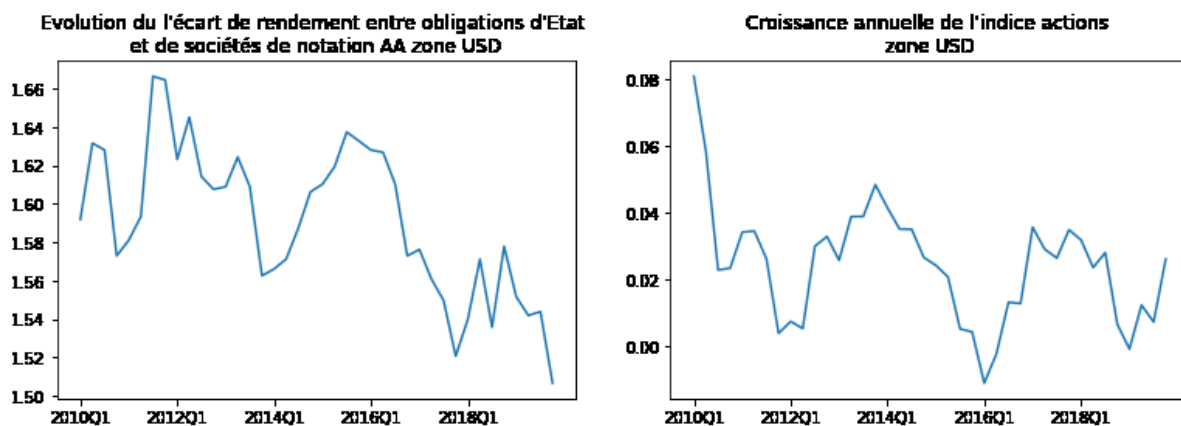
2.2 Modèle linéaire retenu pour l'écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA sur la zone USD

Données historiques utilisées pour la calibration du modèle :

Les données historiques retenues pour ce modèle sont les suivantes. Elles portent sur une période de 10 ans de Q1 2010 à Q4 2019 et sont de fréquence trimestrielle :

- Logarithme du spread entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA pour la zone USD, noté `lnCS_USD`
- Croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone USD, notée `EQU_USD_GR4`

Visualisation graphique des séries :



Modèle linéaire autorégressif retenu :

La sortie python décrivant le modèle linéaire auto régressif sélectionné est reprise ci-dessous :

```

OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:          lnCS_USD      R-squared:                0.622
Model:                  OLS          Adj. R-squared:           0.602
Method:                 Least Squares  F-statistic:              30.50
Date:                   Wed, 29 Jul 2020  Prob (F-statistic):       1.49e-08
Time:                   10:50:36      Log-Likelihood:          93.109
No. Observations:      40           AIC:                     -180.2
Df Residuals:          37           BIC:                     -175.2
Df Model:               2
Covariance Type:       nonrobust
=====
                    coef    std err          t      P>|t|      [0.025    0.975]
-----
const                0.2110    0.177         1.193     0.240     -0.147    0.569
lnCS_USD_Lag1        0.8591    0.110         7.796     0.000     0.636    1.082
EQU_USD_GR4_Lag1     0.4545    0.225         2.016     0.051     -0.002    0.911
=====
Omnibus:                 2.164    Durbin-Watson:           1.955
Prob(Omnibus):           0.339    Jarque-Bera (JB):        1.151
Skew:                    0.226    Prob(JB):                 0.562
Kurtosis:                 3.698    Cond. No.                 117.
=====

```

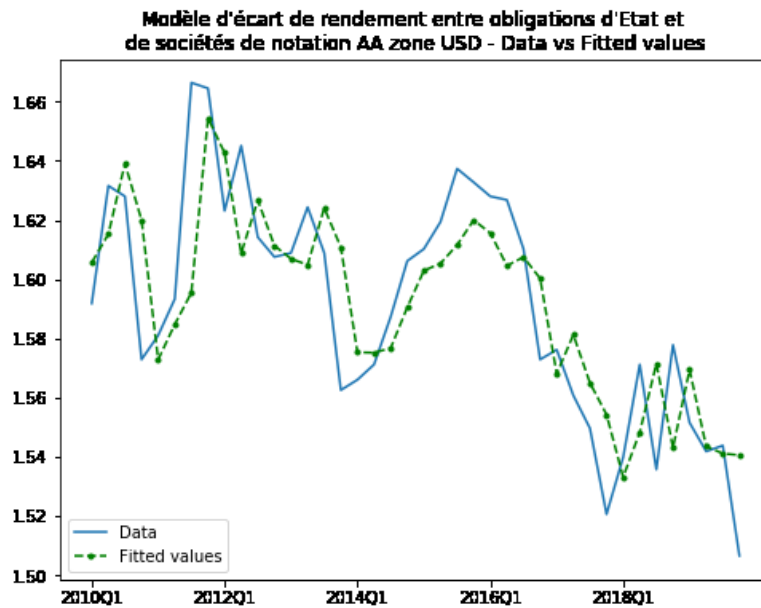
Avec comme variables explicatives :

- `lnCS_USD_Lag1` : le logarithme du spread entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA pour la zone USD décalé d'un trimestre (composante autorégressive)
- `EQU_USD_GR4_Lag1` : la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone USD décalé d'un trimestre (variable modélisée dans le GSE du Groupe)

Comme indiqué sur la sortie Python, le R2 ajusté ressort à 60,2% ce qui a été jugé acceptable.

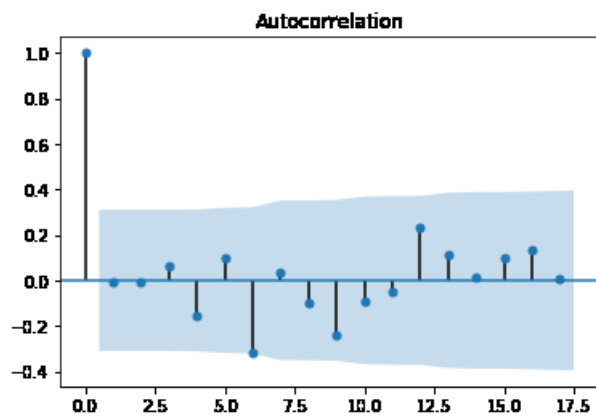
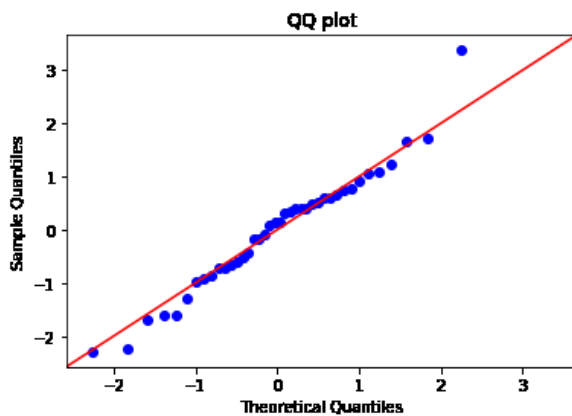
Les différentes statistiques nous donnent des informations a priori satisfaisantes sur la qualité du modèle mis à part le test de colinéarité qui met en évidence la présence de multicolinéarité entre les variables. Ces informations sont complétées par une visualisation graphique du modèle et différents tests sur les résidus présentés ci-après.

Visualisation graphique du modèle retenu :



Tests sur les résidus du modèle :

Nature du test sur les résidus	Type de test	p-value	Conclusion	Graphe
Normalité	Shapiro-Wilk	43,4 %	H0 : Normalité acceptée	QQ-plot
Autocorrélation	Ljung-box	36,5 % à l'ordre 10	H0 : Non-autocorrélation d'ordre 1 à 10 acceptée	Autocorrélogramme
Homoscédasticité	Breusch-Pagan	96,7 %	H0 : Homoscédasticité acceptée	NA



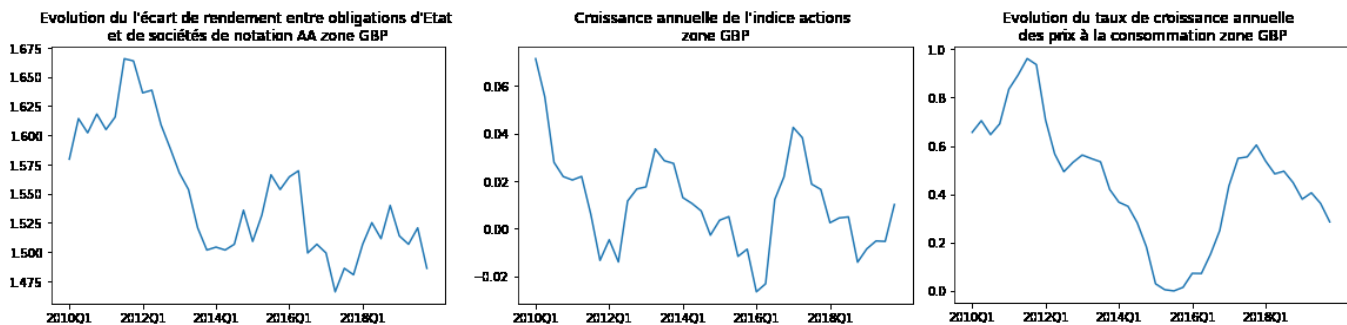
2.3 Modèle linéaire retenu pour l'écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA sur la zone GBP

Données historiques utilisées pour la calibration du modèle :

Les données historiques retenues pour ce modèle sont les suivantes. Elles portent sur une période de 10 ans de Q1 2010 à Q4 2019 et sont de fréquence trimestrielle :

- Logarithme du spread entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA pour la zone GBP, noté lnCS_GBP
- Croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone GBP, notée EQU_GBP_GR4
- Croissance annuelle de l'indice des prix à la consommation de la zone GBP, notée CPI_GBP_GR4

Visualisation graphique des séries :



Modèle linéaire autorégressif retenu :

La sortie python décrivant le modèle linéaire auto régressif sélectionné est reprise ci-dessous :

```

OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:          lnCS_GBP    R-squared:                0.840
Model:                  OLS         Adj. R-squared:           0.827
Method:                 Least Squares   F-statistic:              63.19
Date:                   Wed, 29 Jul 2020   Prob (F-statistic):       2.03e-14
Time:                   11:24:07         Log-Likelihood:           97.065
No. Observations:      40             AIC:                     -186.1
Df Residuals:          36             BIC:                     -179.4
Df Model:               3
Covariance Type:       nonrobust
=====
                    coef    std err          t      P>|t|      [0.025    0.975]
-----
const                0.2909    0.119        2.449    0.019    0.050    0.532
lnCS_GBP_Lag1       0.8017    0.079       10.163    0.000    0.642    0.962
EQU_GBP_GR4        -0.4990    0.196       -2.540    0.016   -0.898   -0.101
CPI_GBP_GR4         0.0425    0.018        2.348    0.024    0.006    0.079
=====
Omnibus:              1.522    Durbin-Watson:           1.992
Prob(Omnibus):        0.467    Jarque-Bera (JB):        0.744
Skew:                 0.294    Prob(JB):                0.689
Kurtosis:             3.316    Cond. No.                 107.
=====

```

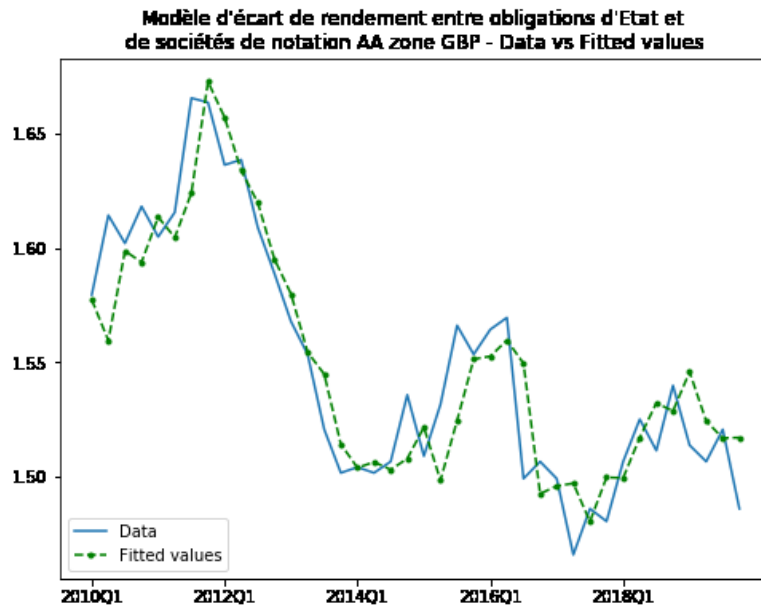
Avec comme variables explicatives :

- lnCS_GBP_Lag1 : le logarithme du spread entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA pour la zone GBP décalé d'un trimestre (composante autorégressive)
- EQU_GBP_GR4 : la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone GBP (variable modélisée dans le GSE du Groupe)
- CPI_GBP_GR4 : la croissance annuelle de l'indice des prix à la consommation de la zone GBP (variable modélisée dans le GSE du Groupe)

Comme indiqué sur la sortie Python, le R2 ajusté ressort à 82,7% ce qui a été jugé satisfaisant.

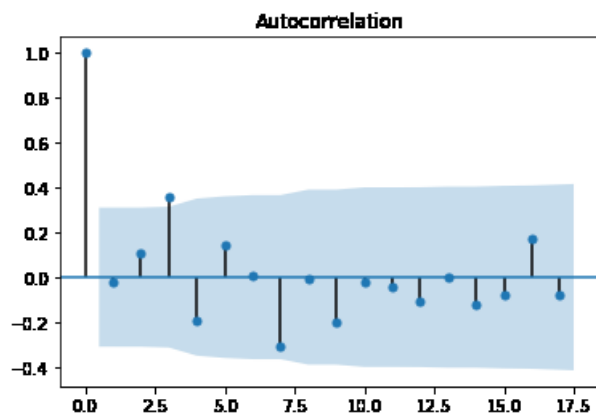
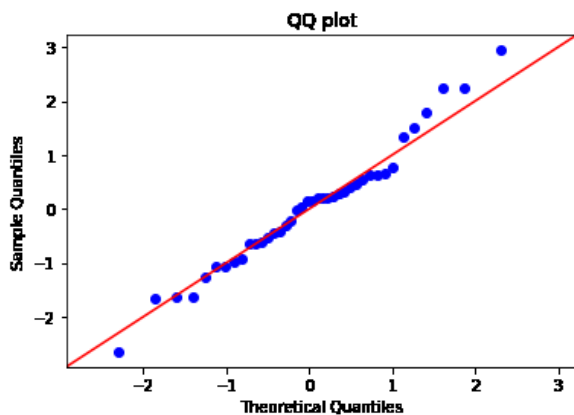
Les différentes statistiques nous donnent des informations a priori satisfaisantes sur la qualité du modèle mis à part le test de colinéarité qui met en évidence la présence de multicolinéarité entre les variables. Ces informations sont complétées par une visualisation graphique du modèle et différents tests sur les résidus présentés ci-après.

Visualisation graphique du modèle retenu :



Tests sur les résidus du modèle :

Nature du test sur les résidus	Type de test	p-value	Conclusion	Graphe
Normalité	Shapiro-Wilk	55,8 %	H0 : Normalité acceptée	QQ-plot
Autocorrélation	Ljung-box	9,6 % à l'ordre 10	H0 : Non-autocorrélation d'ordre 1 à 10 acceptée	Autocorrélogramme
Homoscédasticité	Breusch-Pagan	60,2 %	H0 : Homoscédasticité acceptée	NA



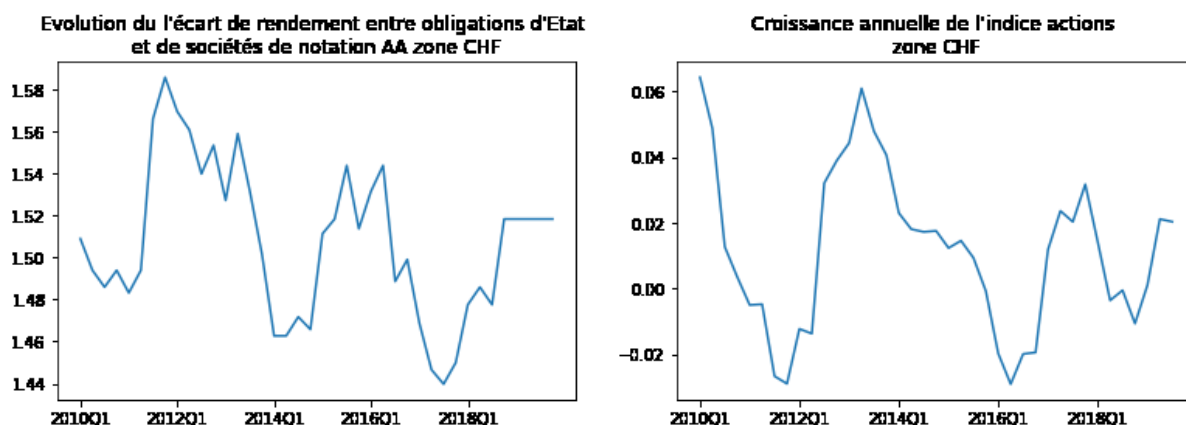
2.4 Modèle linéaire retenu pour l'écart de rendement entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA sur la zone CHF

Données historiques utilisées pour la calibration du modèle :

Les données historiques retenues pour ce modèle sont les suivantes. Elles portent sur une période de 10 ans de Q1 2010 à Q3 2019 et sont de fréquence trimestrielle :

- Logarithme du spread entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA pour la zone CHF, noté lnCS_CHF
- Croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone CHF, notée EQU_CHF_GR4

Visualisation graphique des séries :



Modèle linéaire autorégressif retenu :

La sortie python décrivant le modèle linéaire auto régressif sélectionné est reprise ci-dessous :

```

OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:          lnCS_CHF    R-squared:                0.626
Model:                  OLS         Adj. R-squared:           0.606
Method:                 Least Squares   F-statistic:              31.01
Date:                   Wed, 29 Jul 2020   Prob (F-statistic):       1.23e-08
Time:                   11:42:19         Log-Likelihood:           96.057
No. Observations:      40             AIC:                      -186.1
Df Residuals:          37             BIC:                      -181.0
Df Model:               2
Covariance Type:       nonrobust
=====
                    coef    std err          t      P>|t|      [0.025    0.975]
-----
const                0.3596     0.151      2.382     0.022     0.054     0.665
lnCS_CHF_Lag1       0.7636     0.100     7.632     0.000     0.561     0.966
EQU_CHF_GR4        -0.2887     0.150    -1.927     0.062    -0.592     0.015
=====
Omnibus:                 3.005   Durbin-Watson:           1.833
Prob(Omnibus):           0.223   Jarque-Bera (JB):        1.898
Skew:                    0.318   Prob(JB):                 0.387
Kurtosis:                 3.856   Cond. No.                 90.9
=====

```

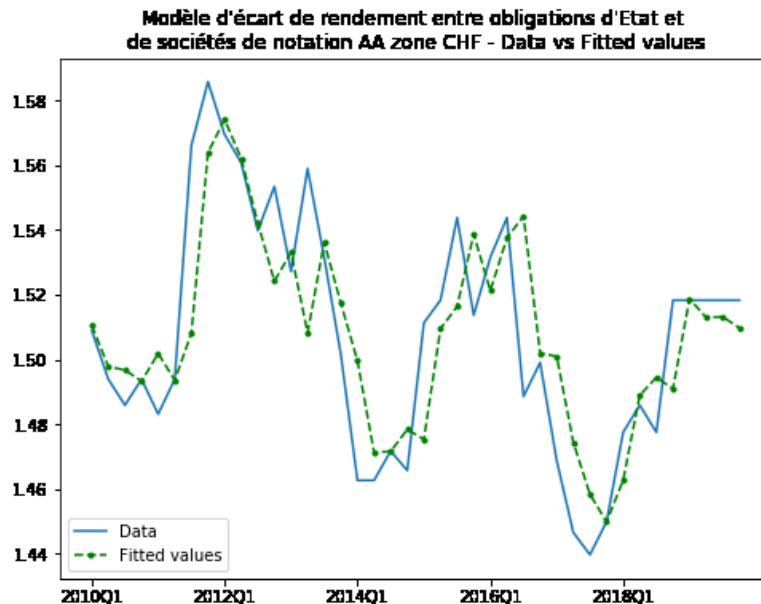
Avec comme variables explicatives :

- lnCS_CHF_Lag1 : le logarithme du spread entre les obligations d'Etat et les obligations de sociétés de notation AA pour la zone CHF décalé d'un trimestre (composante autorégressive)
- EQU_CHF_GR4 : la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone CHF (variable modélisée dans le GSE du Groupe)

Comme indiqué sur la sortie Python, le R2 ajusté ressort à 60,6% ce qui a été jugé acceptable.

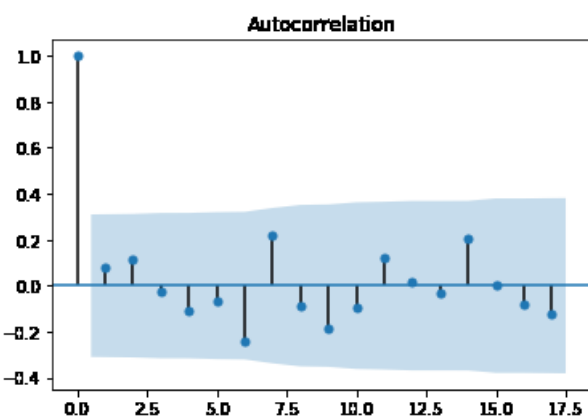
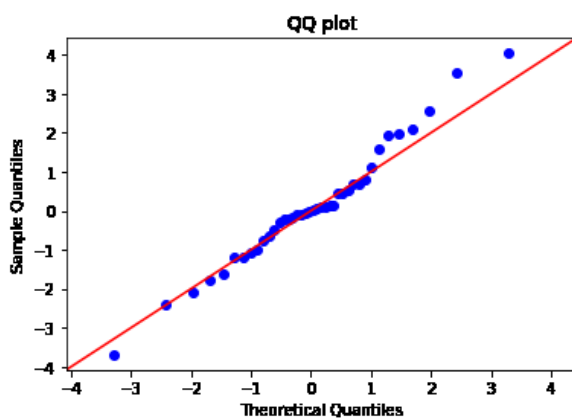
Les différentes statistiques nous donnent des informations a priori satisfaisantes sur la qualité du modèle mis à part le test de colinéarité qui met en évidence la présence de multicollinéarité entre les variables. Ces informations sont complétées par une visualisation graphique du modèle et différents tests sur les résidus présentés ci-après.

Visualisation graphique du modèle retenu :



Tests sur les résidus du modèle :

Nature du test sur les résidus	Type de test	p-value	Conclusion	Graphe
Normalité	Shapiro-Wilk	22,4 %	H0 : Normalité acceptée	QQ-plot
Autocorrélation	Ljung-box	46,8 % à l'ordre 10	H0 : Non-autocorrélation d'ordre 1 à 10 acceptée	Autocorrélogramme
Homoscédasticité	Breusch-Pagan	69,1 %	H0 : Homoscédasticité acceptée	NA



3 Les modèles de rendement à un an des actifs immobiliers

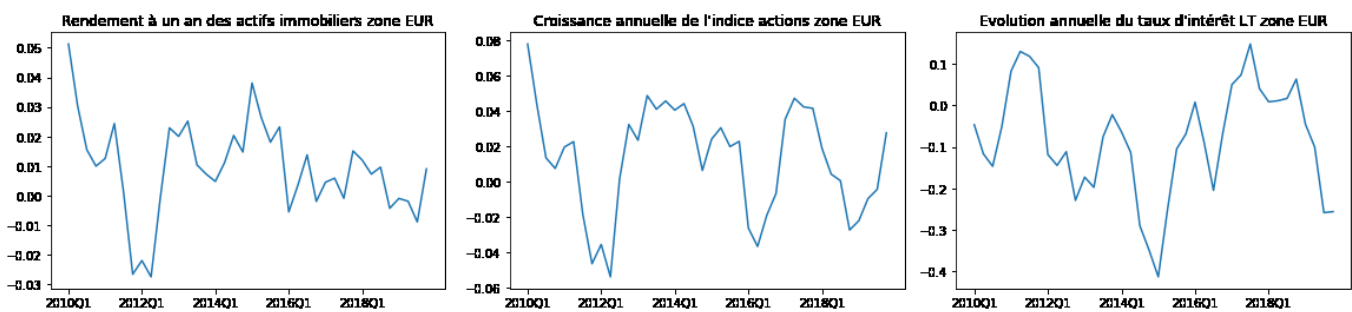
3.1 Modèle linéaire retenu pour le rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone EUR

Données historiques utilisées pour la calibration du modèle :

Les données historiques retenues pour ce modèle sont les suivantes. Elles portent sur une période de 10 ans de Q1 2010 à Q4 2019 et sont de fréquence trimestrielle :

- Rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone EUR, noté RE_EUR_GR4
- Croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone EUR, notée EQU_EUR_GR4
- Evolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de la zone EUR, notée LR_EUR_GR4

Visualisation graphique des séries :



Modèle linéaire autorégressif retenu :

La sortie python décrivant le modèle linéaire auto régressif sélectionné est reprise ci-dessous :

```

=====
                    OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:          RE_EUR_GR4    R-squared:                0.740
Model:                  OLS           Adj. R-squared:           0.718
Method:                 Least Squares  F-statistic:              34.14
Date:                  Fri, 17 Jul 2020  Prob (F-statistic):       1.26e-10
Time:                  16:38:41        Log-Likelihood:          136.63
No. Observations:      40             AIC:                     -265.3
Df Residuals:          36             BIC:                     -258.5
Df Model:               3
Covariance Type:       nonrobust
=====
                    coef    std err          t      P>|t|      [0.025    0.975]
-----
const                -0.0006     0.002    -0.348     0.730    -0.004     0.003
RE_EUR_GR4_Lag1      0.3764     0.092     4.089     0.000     0.190     0.563
EQU_EUR_GR4          0.2863     0.049     5.785     0.000     0.186     0.387
LR_EUR_GR4           -0.0300     0.010    -2.995     0.005    -0.050    -0.010
=====
Omnibus:                1.707    Durbin-Watson:           1.521
Prob(Omnibus):          0.426    Jarque-Bera (JB):        1.568
Skew:                   0.374    Prob(JB):                 0.457
Kurtosis:               2.383    Cond. No.                 72.3
=====

```

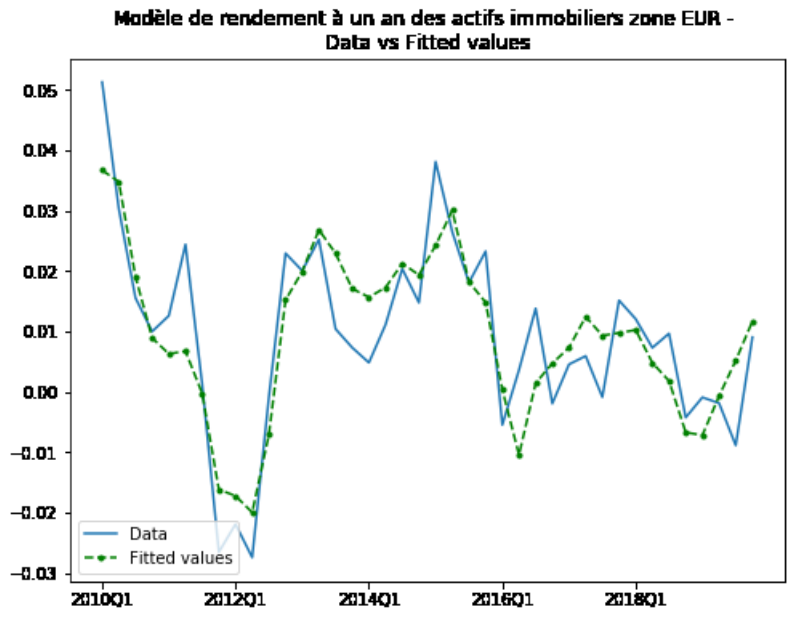
Les variables explicatives sont :

- RE_EUR_GR4_Lag1 : le rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone EUR décalé d'un trimestre (composante autorégressive)
- EQU_EUR_GR4 : la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone EUR (variable modélisée dans le GSE du Groupe)
- LR_EUR_GR4 : l'évolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de la zone EUR (variable modélisée dans le GSE du Groupe)

Comme indiqué sur la sortie Python, le R2 ajusté ressort à 71,8% ce qui a été jugé satisfaisant.

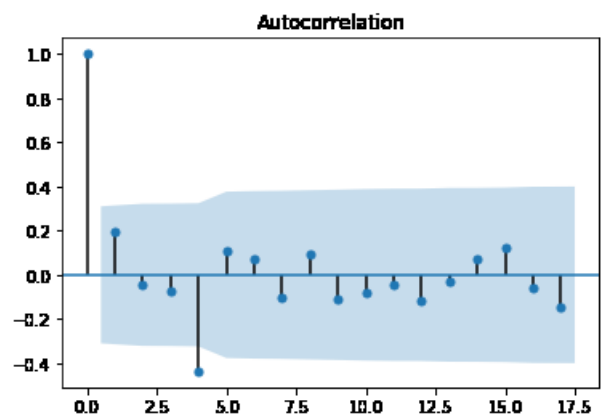
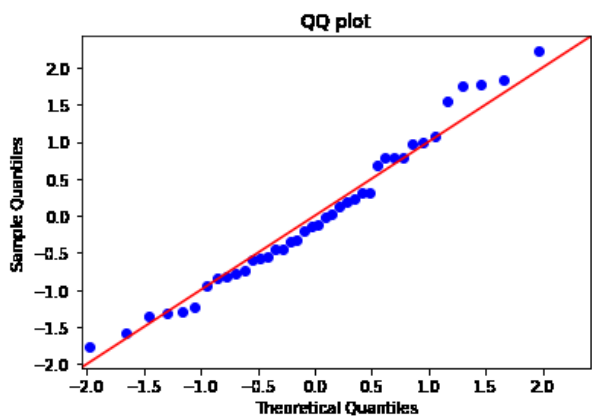
Les différentes statistiques nous donnent des informations a priori satisfaisantes sur la qualité du modèle mis à part le test de colinéarité qui semble mettre en évidence une potentielle multicollinéarité entre les variables. Ces informations sont complétées par une visualisation graphique du modèle et différents tests sur les résidus présentés ci-après.

Visualisation graphique du modèle retenu :



Tests sur les résidus du modèle :

Nature du test sur les résidus	Type de test	p-value	Conclusion	Graphe
Normalité	Shapiro-Wilk	37,5 %	H0 : Normalité acceptée	QQ-plot
Autocorrélation	Ljung-box	18,9 % à l'ordre 10	H0 : Non-autocorrélation d'ordre 1 à 10 acceptée	Autocorrélogramme
Homoscédasticité	Breusch-Pagan	94,4 %	H0 : Homoscédasticité acceptée	NA



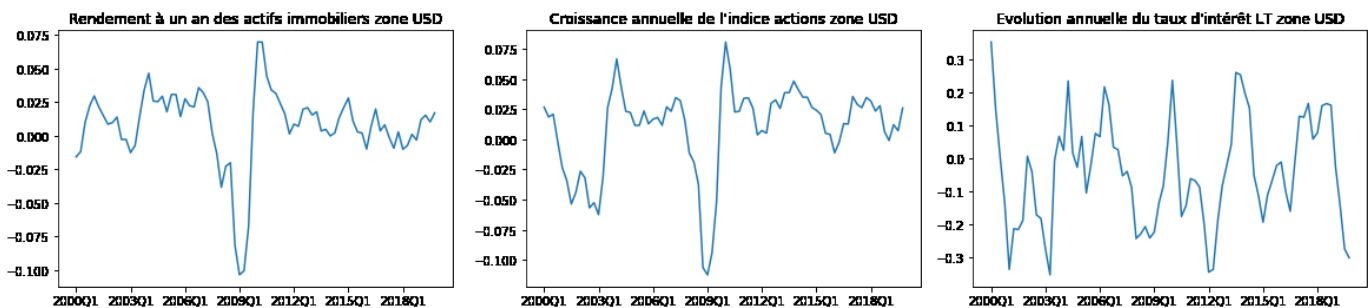
3.2 Modèle linéaire retenu pour le rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone USD

Données historiques utilisées pour la calibration du modèle :

Les données historiques retenues pour ce modèle sont les suivantes. Elles portent sur une période de 20 ans de Q1 2000 à Q4 2019 et sont de fréquence trimestrielle :

- Rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone USD, noté RE_USD_GR4
- Croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone USD, notée EQU_USD_GR4
- Evolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de la zone USD, notée LR_USD_GR4

Visualisation graphique des séries :



Modèle linéaire autorégressif retenu :

La sortie python décrivant le modèle linéaire auto régressif sélectionné est reprise ci-dessous :

```

=====
                    OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:          RE_USD_GR4      R-squared:                0.796
Model:                  OLS             Adj. R-squared:           0.788
Method:                 Least Squares   F-statistic:              98.65
Date:                   Fri, 17 Jul 2020 Prob (F-statistic):       3.90e-26
Time:                   16:43:30        Log-Likelihood:          234.24
No. Observations:      80              AIC:                     -460.5
Df Residuals:          76              BIC:                     -451.0
Df Model:               3
Covariance Type:       nonrobust
=====
                    coef    std err          t      P>|t|      [0.025    0.975]
-----
const                -0.0010      0.002     -0.617     0.539     -0.004     0.002
RE_USD_GR4_Lag1      0.5597      0.063     8.936     0.000     0.435     0.684
EQU_USD_GR4          0.4043      0.060     6.761     0.000     0.285     0.523
LR_USD_GR4           -0.0265      0.011     -2.307     0.024     -0.049     -0.004
=====
Omnibus:               3.311    Durbin-Watson:            0.808
Prob(Omnibus):         0.191    Jarque-Bera (JB):        2.906
Skew:                  0.216    Prob(JB):                 0.234
Kurtosis:              3.828    Cond. No.                 51.7
=====

```

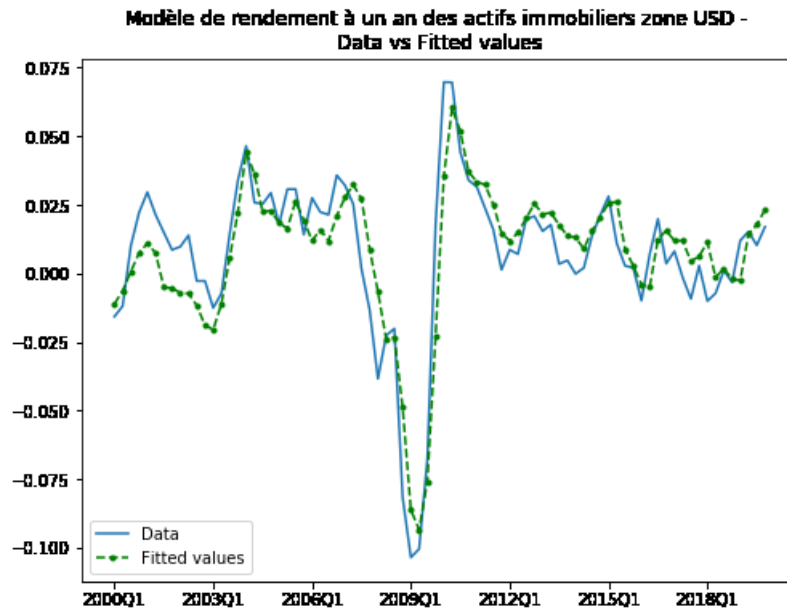
Avec comme variables explicatives :

- RE_USD_GR4_Lag1 : le rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone USD décalé d'un trimestre (composante autorégressive)
- EQU_USD_GR4 : la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone USD (variable modélisée dans le GSE du Groupe)
- LR_USD_GR4 : l'évolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de la zone USD (variable modélisée dans le GSE du Groupe)

Comme indiqué sur la sortie Python, le R2 ajusté ressort à 78,8% ce qui a été jugé satisfaisant.

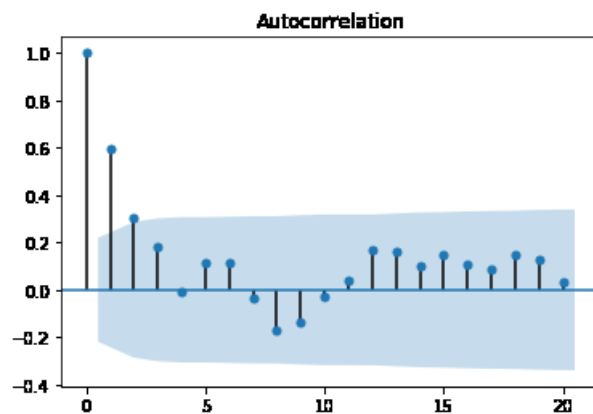
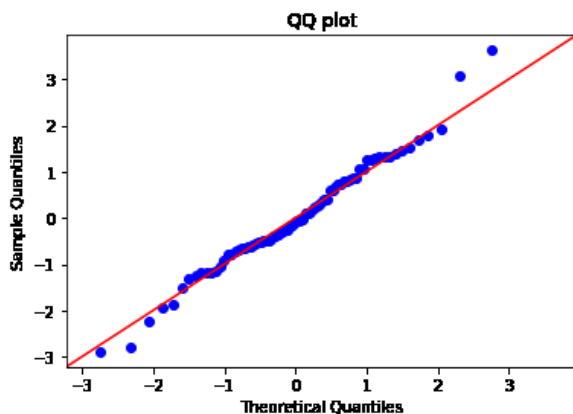
Les différentes statistiques nous donnent des informations a priori satisfaisantes sur la qualité du modèle mis à part le test de Durbin-Watson qui indique une probable autocorrélation des résidus. Ces informations sont complétées par une visualisation graphique du modèle et différents tests sur les résidus présentés ci-après.

Visualisation graphique du modèle obtenu :



Tests sur les résidus du modèle :

Nature du test sur les résidus	Type de test	p-value	Conclusion	Graphe
Normalité	Shapiro-Wilk	26,6 %	H0 : Normalité acceptée	QQ-plot
Autocorrélation	Ljung-box	0,0 % à l'ordre 10	H0 : Non-autocorrélation d'ordre 1 à 10 rejetée	Autocorrélogramme
Homoscédasticité	Breusch-Pagan	24,8 %	H0 : Homoscédasticité acceptée	NA



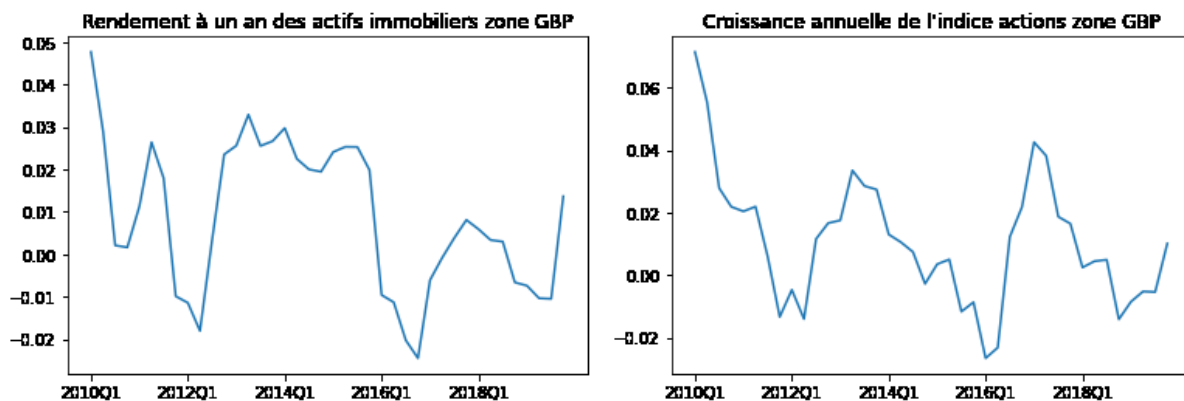
3.3 Modèle linéaire retenu pour le rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone GBP

Données historiques utilisées pour la calibration du modèle :

Les données historiques retenues pour ce modèle sont les suivantes. Elles portent sur une période de 10 ans de Q1 2010 à Q4 2019 et sont de fréquence trimestrielle :

- Rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone GBP, noté RE_GBP_GR4
- Croissance annuelle de l'indice actions de la zone GBP, notée EQU_GBP_GR4

Visualisation graphique des séries :



Modèle linéaire autorégressif retenu :

La sortie python décrivant le modèle linéaire auto régressif sélectionné est reprise ci-dessous :

```

OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:          RE_GBP_GR4    R-squared:                0.608
Model:                  OLS           Adj. R-squared:           0.587
Method:                 Least Squares  F-statistic:              28.69
Date:                   Fri, 17 Jul 2020  Prob (F-statistic):       2.99e-08
Time:                   16:47:14      Log-Likelihood:          124.67
No. Observations:      40           AIC:                     -243.3
Df Residuals:          37           BIC:                     -238.3
Df Model:               2
Covariance Type:       nonrobust
=====
                    coef    std err   t      P>|t|   [0.025   0.975]
-----
const                -0.0003    0.002   -0.126   0.900   -0.005    0.004
RE_GBP_GR4_Lag1      0.6095    0.102    5.955   0.000    0.402    0.817
EQU_GBP_GR4          0.3707    0.088    4.236   0.000    0.193    0.548
=====
Omnibus:              0.759    Durbin-Watson:           1.226
Prob(Omnibus):        0.684    Jarque-Bera (JB):        0.373
Skew:                 -0.235   Prob(JB):                 0.830
Kurtosis:              3.054    Cond. No.                 58.5
=====

```

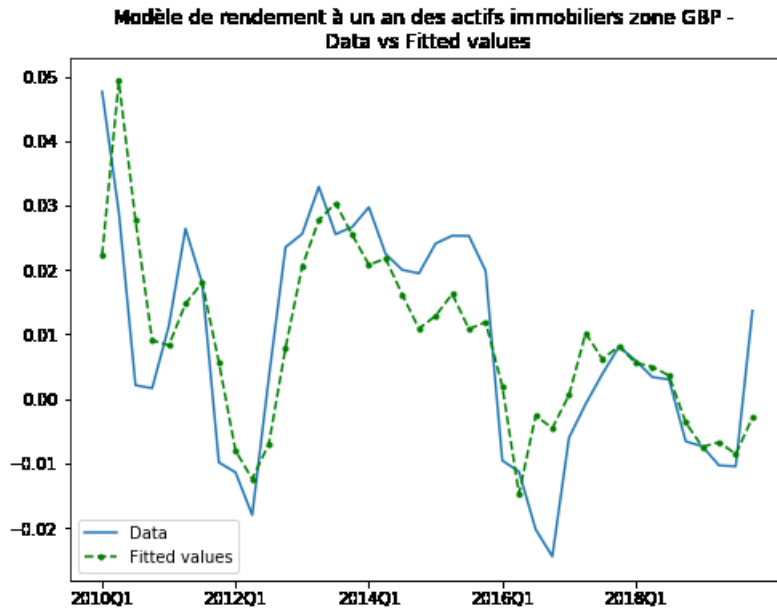
Avec comme variables explicatives :

- RE_GBP_GR4_Lag1 : le rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone GBP décalé d'un trimestre (composante autorégressive)
- EQU_GBP_GR4 : la croissance annuelle de l'indice actions de la zone GBP (variable modélisée dans le GSE du Groupe)

Comme indiqué sur la sortie Python, le R2 ajusté ressort à 58,7% ce qui a été jugé acceptable.

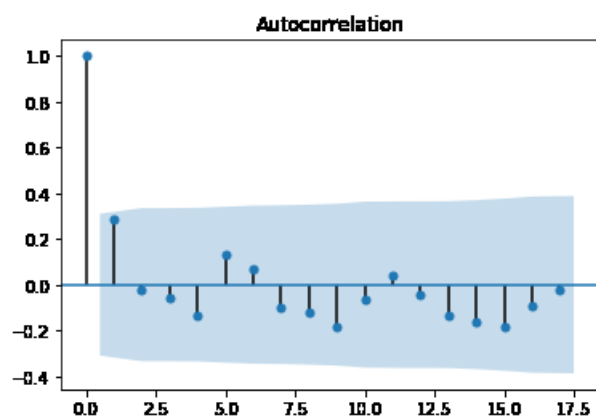
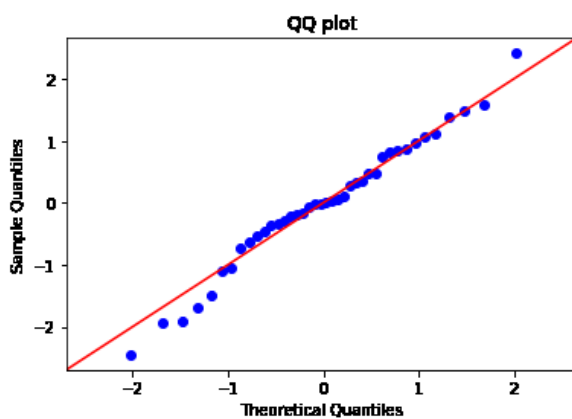
Les différentes statistiques présentées dans la sortie Python nous donnent des informations a priori satisfaisantes sur la qualité du modèle. Ces informations sont complétées par une visualisation graphique du modèle et différents tests sur les résidus présentés ci-après.

Visualisation graphique du modèle obtenu :



Tests sur les résidus du modèle :

Nature du test sur les résidus	Type de test	p-value	Conclusion	Graphe
Normalité	Shapiro-Wilk	78,1 %	H0 : Normalité acceptée	QQ-plot
Autocorrélation	Ljung-box	53,6 % à l'ordre 10	H0 : Non-autocorrélation d'ordre 1 à 10 acceptée	Autocorrélogramme
Homoscédasticité	Breusch-Pagan	1,3 %	H0 : Homoscédasticité rejetée	NA



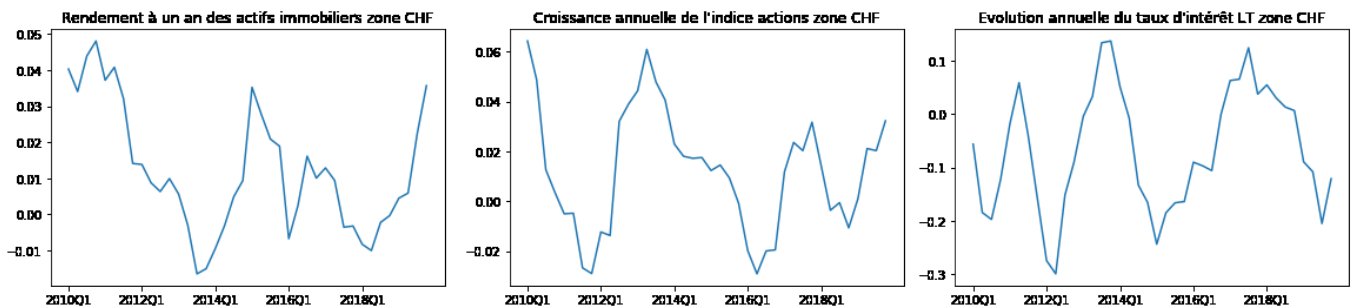
3.4 Modèle linéaire retenu pour le rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone CHF

Données historiques utilisées pour la calibration du modèle :

Les données historiques retenues pour ce modèle sont les suivantes. Elles portent sur une période de 10 ans de Q1 2010 à Q4 2019 et sont de fréquence trimestrielle :

- Rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone CHF, noté RE_CHF_GR4
- Croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone CHF, notée EQU_CHF_GR4
- Evolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de la zone CHF, notée LR_CHF_GR4

Visualisation graphique des séries :



Modèle linéaire autorégressif retenu :

La sortie python décrivant le modèle linéaire auto régressif sélectionné est reprise ci-dessous :

```

=====
                        OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:          RE_CHF_GR4  R-squared:                0.723
Model:                  OLS         Adj. R-squared:           0.700
Method:                 Least Squares  F-statistic:              31.32
Date:                   Fri, 17 Jul 2020  Prob (F-statistic):       3.88e-10
Time:                   16:50:30      Log-Likelihood:          131.19
No. Observations:      40            AIC:                     -254.4
Df Residuals:          36            BIC:                     -247.6
Df Model:               3
Covariance Type:       nonrobust
=====
                        coef      std err      t      P>|t|      [0.025      0.975]
-----
const                  -0.0005      0.002     -0.223    0.825     -0.005      0.004
RE_CHF_GR4_Lag1        0.7628      0.098      7.806    0.000      0.565      0.961
EQU_CHF_GR4            0.0995      0.066      1.516    0.138     -0.034      0.233
LR_CHF_GR4             -0.0393      0.015     -2.651    0.012     -0.069     -0.009
=====
Omnibus:                0.528    Durbin-Watson:           1.583
Prob(Omnibus):          0.768    Jarque-Bera (JB):        0.209
Skew:                   0.176    Prob(JB):                 0.901
Kurtosis:               3.036    Cond. No.                 65.0
=====

```

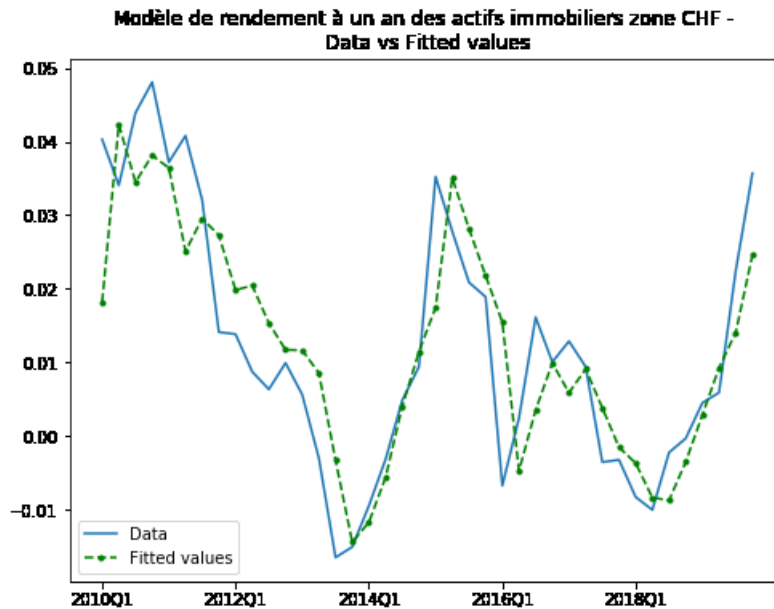
Avec comme variables explicatives :

- RE_CHF_GR4_Lag1 : le rendement à un an des actifs immobiliers pour la zone CHF décalé d'un trimestre (composante autorégressive)
- EQU_CHF_GR4 : la croissance annuelle du rendement de l'indice actions de la zone CHF (variable modélisée dans le GSE du Groupe)
- LR_CHF_GR4 : l'évolution annuelle du taux d'intérêt long-terme de la zone CHF (variable modélisée dans le GSE du Groupe)

Comme indiqué sur la sortie Python, le R2 ajusté ressort à 70,0% ce qui a été jugé satisfaisant.

Les différentes statistiques présentées dans la sortie Python, nous donnent des informations a priori satisfaisantes sur la qualité du modèle mis à part le test de colinéarité dont le résultat peut laisser supposer une potentielle multicollinéarité entre les variables. Ces informations sont complétées par une visualisation graphique du modèle et différents tests sur les résidus présentés ci-après.

Visualisation graphique du modèle obtenu :



Tests sur les résidus du modèle :

Nature du test sur les résidus	Type de test	p-value	Conclusion	Graphe
Normalité	Shapiro-Wilk	96,5 %	H0 : Normalité acceptée	QQ-plot
Autocorrélation	Ljung-box	51,2 % à l'ordre 10	H0 : Non-autocorrélation d'ordre 1 à 10 acceptée	Autocorrélogramme
Homoscédasticité	Breusch-Pagan	48,6 %	H0 : Homoscédasticité acceptée	NA

