

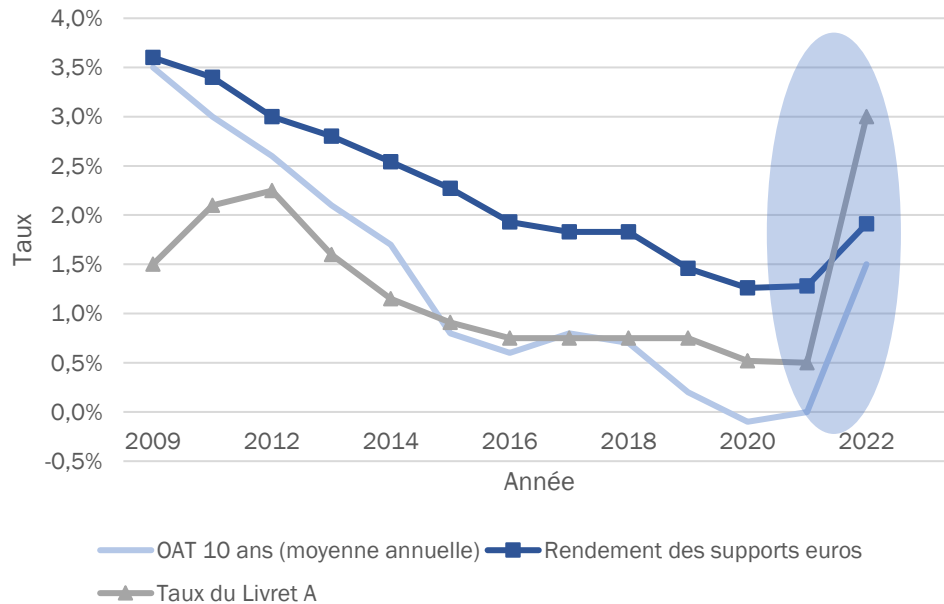
Allocation stratégique d'actifs : une approche par *reinforcement learning* pour l'ALM

Lucas BLANCHETON

Analyste Actuaire à Accenture F&R&C

INTRODUCTION : CONTEXTE ET ENJEUX

Une remontée brutale des taux



Chiffres clés

- Passage du taux servis moyen des contrats euros de **1,28% en 2021 à 1,91% en 2022**.
- Un livret A attractif propulsé de **0,5% en début 2022 à 3% début 2023**.

Impacts assureurs

- Consommation **des réserves financières** pour servir un taux attractif aux assurés
- **Incertitude sur le fonds euro** et sa capacité à offrir des perspectives de rendement

Enjeux :

Pilotage des risques et de la préservation de la solvabilité et rentabilité, les assureurs-vie doivent envisager de nouvelles stratégies

SOMMAIRE

01

Définition du cadre de l'étude

02

Description de la méthodologie de travail

03

Application du *reinforcement learning* dans un modèle ALM

04

Test de sensibilités et de robustesse du modèle

05

Conclusion et apports envisageables

Problématique et enjeux

Problématique

- Comment un assureur peut-il maintenir, par le biais de son allocation d'actifs, un avantage concurrentiel dans un contexte économique de remontée brutale de taux d'intérêt ?

Enjeux

- Proposer une solution de gestion **agile**
- Comparer la performance de la stratégie par *reinforcement learning*
- **Statuer** sur l'optimisation de ce modèle

01

Définition du cadre de l'étude

- Situation initiale de l'assureur fictif
- Solvabilité fin 2022
- Le reinforcement learning comme point de départ
- Un algorithme central : le DDPG

02

Description de la méthodologie de travail

03

Application du *reinforcement learning* dans un modèle ALM

04

Test de sensibilités et de robustesse du modèle

05

Conclusion et apports envisageables

PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

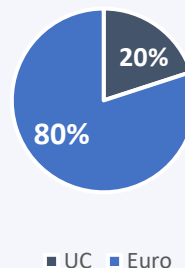
Hypothèses au passif et à l'actif

i Le bilan est construit (au 31/12/2022) sur la base d'une répartition classique d'une société d'assurance vie française (périmètre épargne exclusivement)

Passif

Provisions	En M€
RC	0,52
PPB	2,1
PM UC	8,75
PM euros	35

Part Euro/UC en portefeuille

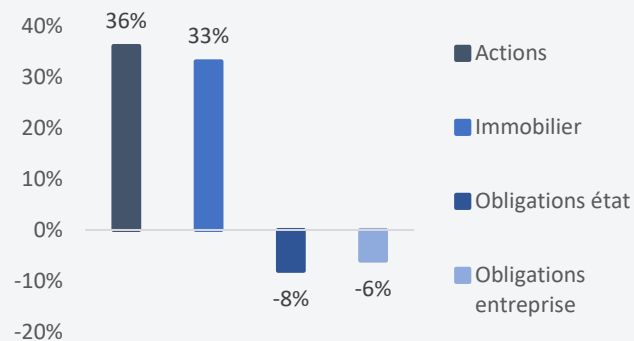


TMG net	Part PM euro
0%	95%
0% < et <2%	4%
>2%	1%

Actif

Type d'actif	Part en % de la VM du fonds euros
Obligations	72%
Actions	19%
Immobilier	7%
Cash	2%

Taux de PMVL par classe d'actifs



La stratégie d'allocation d'actifs actuelle de l'assureur est une *Fixed-Mix*

PRÉSENTATION DU REINFORCEMENT LEARNING

Le *reinforcement learning* comme point de départ

Agent

- Entité qui prend les décisions dans le processus d'apprentissage par renforcement.
- Il représente le gestionnaire de portefeuille qui décide des investissements.

Environnement

- Il s'agit de tout ce qui entoure l'agent et avec lequel il interagit.
- Dans le cadre de cette étude il s'agit du modèle épargne.

État

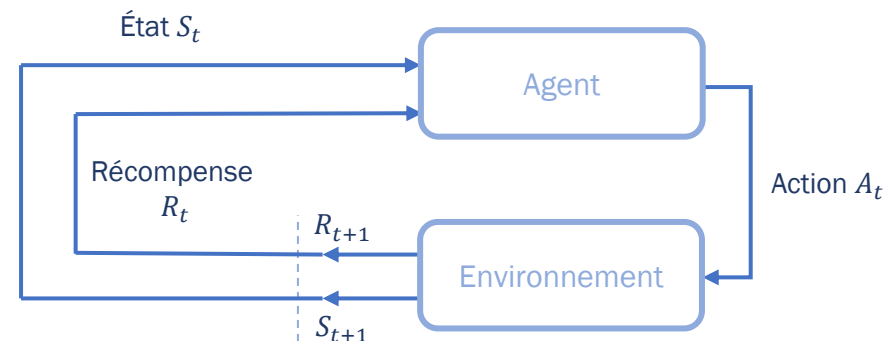
- Contient à un instant t un ensemble d'informations pour nourrir l'agent.

Action

- Interagit avec l'environnement.
- Représente la décision d'allocation d'actifs à chaque pas de temps

Récompense

- Elle représente le feedback reçu par l'agent à la suite d'une action prise dans un certain état.



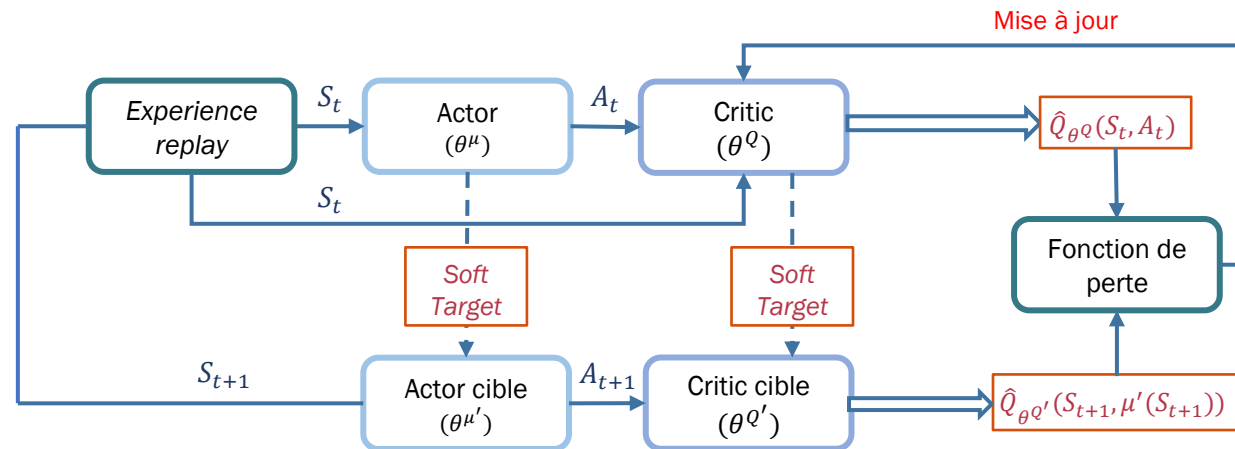
Un algorithme central : le DDPG

Objectif

Fournir un algorithme **adaptatif** permettant de fournir **une solution optimale** à l'assureur tout en conservant un maximum de **clarté**.

Avantages :

- Déterministe
- Adapté aux environnements et espaces d'actions continus
- Efficacité grâce au experience replay
- Stabilité avec les réseaux actor-critic



01

Définition du cadre de l'étude

02

Description de la méthodologie de travail

03

Application du *reinforcement learning* dans un modèle ALM

04

Test de sensibilités et de robustesse du modèle

05

Conclusion et apports envisageables

PRÉSENTATION DE LA DÉMARCHE

Description de la méthodologie de travail

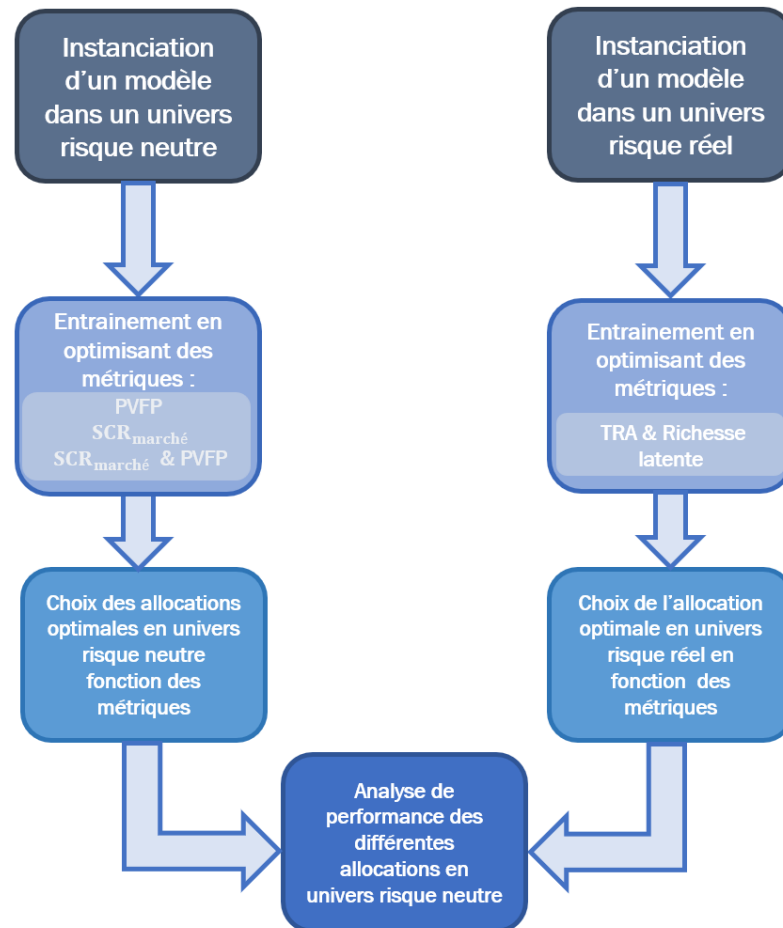
Le DDPG requiert, comme tout algorithme de *Machine Learning*, une phase d'entraînement.

Objectifs :

- Fournir à l'assureur 4 allocations d'actifs (sur 40 ans) optimisés par le modèle
 - 3 allocations avec un entraînement dit « risque neutre »
 - 1 allocation avec un entraînement dit « risque réel »
- Chacune des allocations a pour but d'optimiser des métriques qui lui sont propres
- Analyse de performance des allocations entre elles dans un cadre risque neutre

Entraînement :

- Chaque modèle est entraîné sur 200 épisodes, avec 1000 simulations par épisode.
- Ajout d'un processus de bruit d'Ornstein-Uhlenbeck afin d'explorer l'espace des actions.



Objectif

Contraindre le modèle à respecter les contraintes d'allocation définies par l'assureur.



Action

Classe d'actif	Limite inférieure	Limite supérieure
Actions	5%	20%
Immobilier	5%	18%
Obligations	65%	85%

Classe d'actif	Variation de % d'actifs par pas de 1 ans
Actions	±8%
Immobilier	±2%
Obligations	±4%

État

- Les valeurs des métriques
- Les indices GSE (action, immobilier et obligation)
- Les allocations de chaque actif

Récompense

- Pénalités si non-respect des contraintes actions.
- Récompense pour amélioration d'une métrique

01

Définition du cadre de l'étude

02

Description de la méthodologie de travail

03

Application du *reinforcement learning* dans un modèle ALM

- Répartition par poches d'actifs
- Zoom sur la stratégie PVFP/SCR de marché

04

Test de sensibilités et de robustesse du modèle

05

Conclusion et apports envisageables

APPLICATION DU REINFORCEMENT LEARNING DANS UN MODÈLE ALM

Répartition par poches d'actifs

Allocations :

Métrique	Stratégie de référence (Fixed-Mix)	Stratégie PVFP/SCR de marché	Stratégie PVFP	Stratégie SCR de marché	Stratégie Richesse Latente/TRA
Part d'obligations	71,20%	84,70%	84,70%	78,90%	83,50%
Part d'actions	19,40%	6,00%	6,10%	10,30%	6,70%
Part d'immobilier	7,50%	6,30%	6,20%	7,90%	6,80%
Part de cash	2,40%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%

Impacts sur les allocations

- Respect des contraintes imposées
- Augmentation de la part d'obligations
- Diminution de la part des actions

Performance des stratégies (en k€) :

Métrique	Stratégie de référence (Fixed-Mix)	Stratégie PVFP/SCR de marché	Stratégie PVFP	Stratégie SCR de marché	Stratégie Richesse latente/TRA
PVFP	3 449	3 857 ↑	3 885 ↑	3 765 ↑	3 836 ↑
SCR	2 672	2 614 ↓	2 660 ↓	2 569 ↓	2 682 ↑
SCR de Marché	1 955	1 938 ↓	1 988 ↑	1 874 ↓	2 007 ↑
Indicateur de solvabilité	88 %	103 % ↑	101 % ↑	101 % ↑	99 % ↑

Performance

- Augmentation de la PVFP par le biais de la liquidation massive des PVL actions
- Objectifs d'optimisation remplis

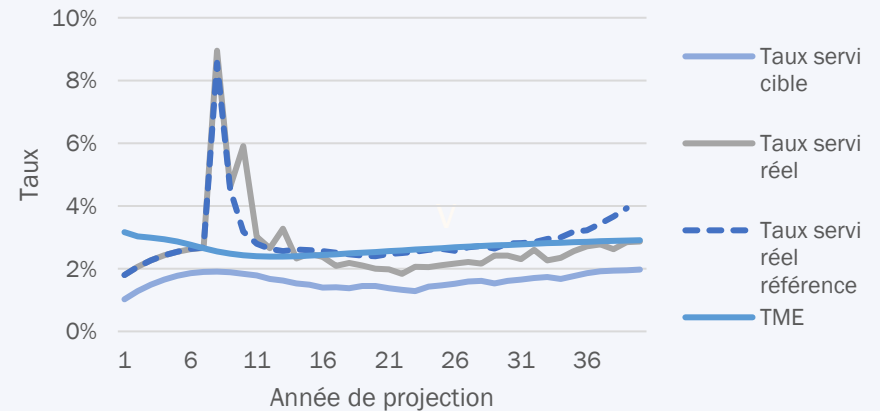
Zoom sur la stratégie PVFP/SCR de marché

La stratégie s'inscrit dans une perspective de pilotage stratégique pour parvenir à un équilibre optimal entre la performance financière et la gestion réglementaire.

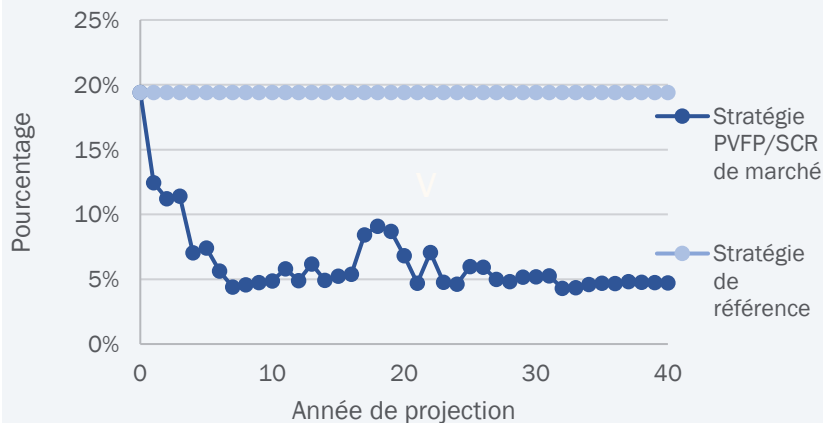
Écarts avec l'allocation de référence :

Composante du SCR	Écart en €	Écart en %
SCR action	6 157 ↑	0,50%
SCR immobilier	-15 256 ↓	-7,70%
SCR taux	77 661 ↑	12,70%
SCR spread	-45 510 ↓	-8,20%

Taux de rendement des contrats euros :



Pourcentage de la poche action :



01

Définition du cadre de l'étude

02

Description de la méthodologie de travail

03

Application du *reinforcement learning* dans un modèle ALM

04

Test de sensibilités et de robustesse du modèle

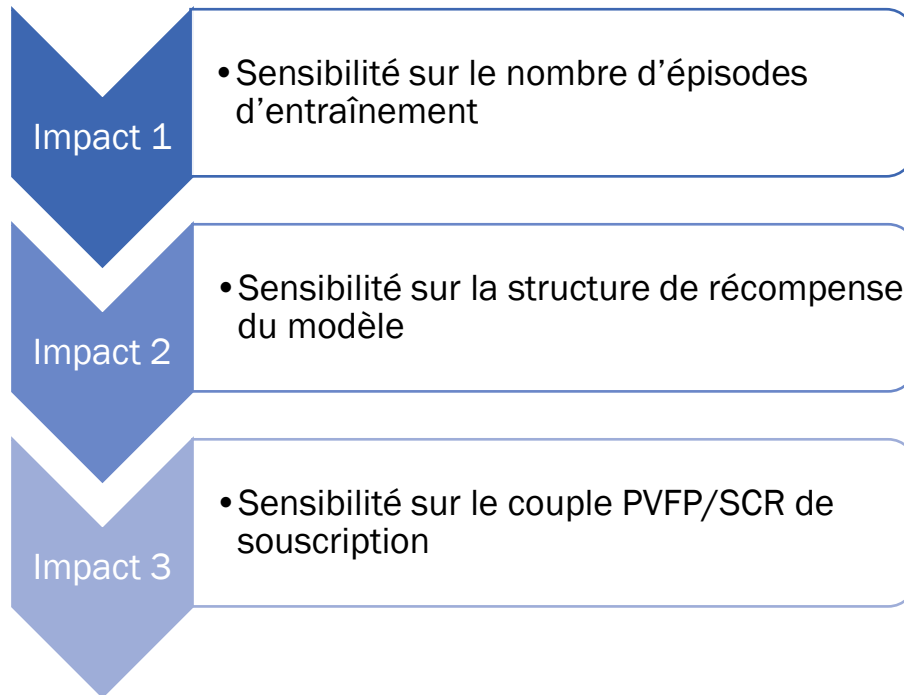
- Sensibilités de modèle
- Sensibilités économiques

05

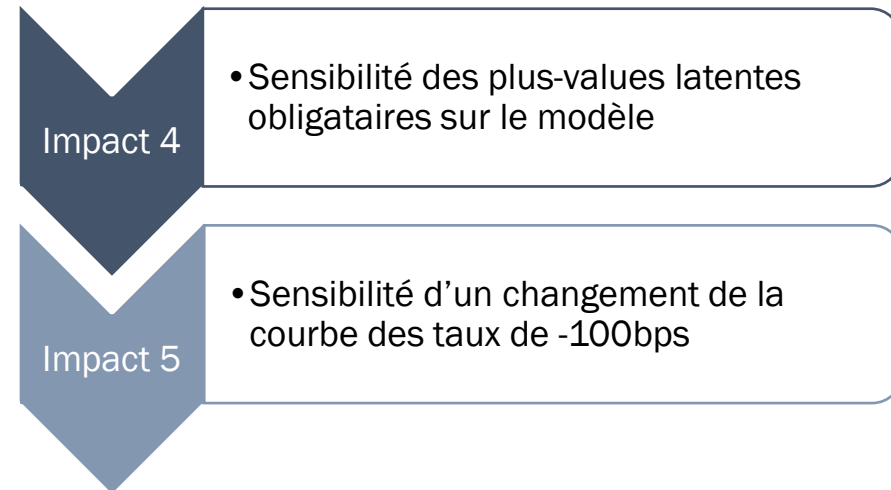
Conclusion et apports envisageables

 La stratégie **PVFP/SCR de marché** est retenue pour conduire les sensibilités.

Sensibilités de modèle :

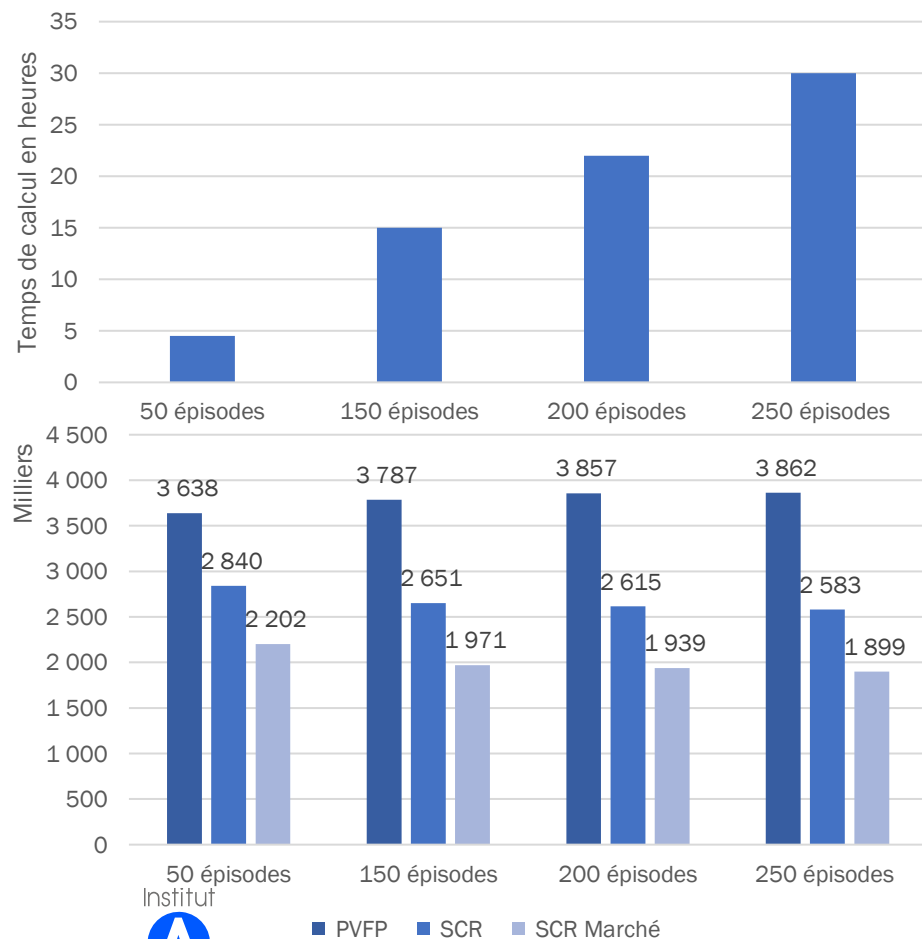


Sensibilités économiques :



Objectif

Tester la **convergence** du modèle au fur et à mesure que le nombre des épisodes augmente



Écart relatif moyen d'un passage d'une allocation à une autre :

Variance	50 épisodes => 100 épisodes	100 épisodes => 200 épisodes	200 épisodes => 250 épisodes
Obligations	0,22%	0,17%	0,03%
Actions	1,86%	1,65%	0,23%
Immobilier	0,67%	0,80%	0,02%

- Gains marginaux du passage de 200 à 250 épisodes
 - Variabilité faible en % d'allocations de 200 à 250 épisodes
- Le scénario 200 épisodes est retenu.

Sensibilité sur la structure de récompense

Objectif

Observer l'impact de favoriser une métrique par rapport à une autre.



Poids des coefficients des métriques :

Coefficient	Stratégie de référence	Stratégie privilégiant PVFP	Stratégie privilégiant SCR de marché
β_1 (PVFP)	0.5	0.75	0.25
β_2 (SCR de marché)	0.5	0.25	0.75

Performance de la stratégie (en k€) :

Métrique	Stratégie de référence	Stratégie privilégiant PVFP	Stratégie privilégiant SCR de marché
SCR	2 614	2 612 ↓	2 585 ↓
SCR de marché	1 938	1 932 ↓	1 903 ↓
PVFP	3 857	3 853 ↓	3 855 ↓

Remarques

- Des effets négatifs sur l'augmentation du poids de la PVFP
- Le modèle privilégiant dégage une amélioration satisfaisante du SCR de marché

SENSIBILITÉS DE MODÈLE

Sensibilité sur le couple PVFP/SCR de souscription

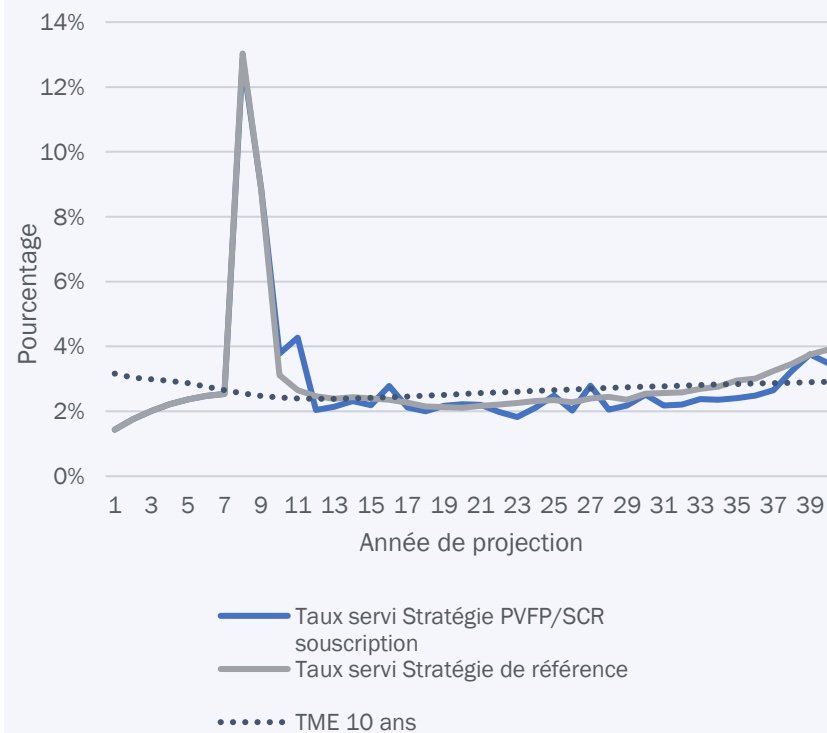
Allocation d'actifs :

Actifs	Stratégie de <i>Fixed-Mix</i>	Stratégie PVFP/SCR de marché	Stratégie PVFP/ SCR de souscription
Obligation	71,39%	84,70%	68,84%
Action	19,40%	6,00%	13,07%
Immobilier	7,48%	6,30%	15,14%

Performance de la stratégie (en k€) :

Métrique	Stratégie de référence	Stratégie PVFP/SCR souscription
PVFP	3 449	3 488 ↑
SCR	2 672	2 718 ↑
SCR Marché	1 955	2 034 ↑
SCR Souscription	1 235	1 220 ↓

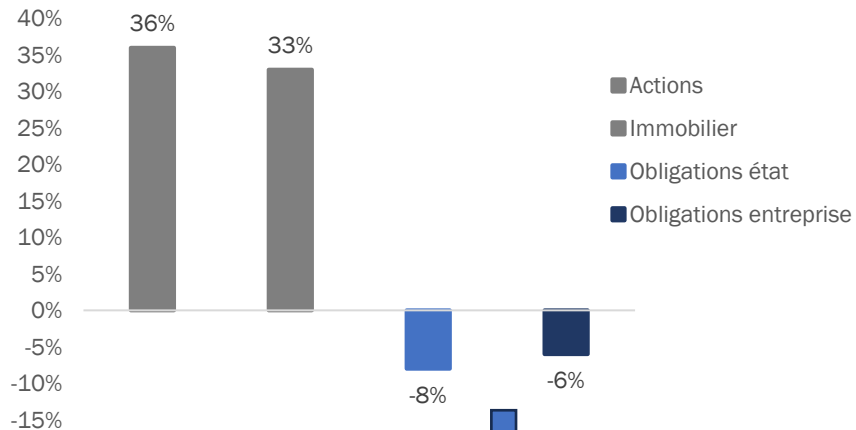
Taux de rendement des contrats euros :



Sensibilité des plus-values latentes obligataires sur le modèle

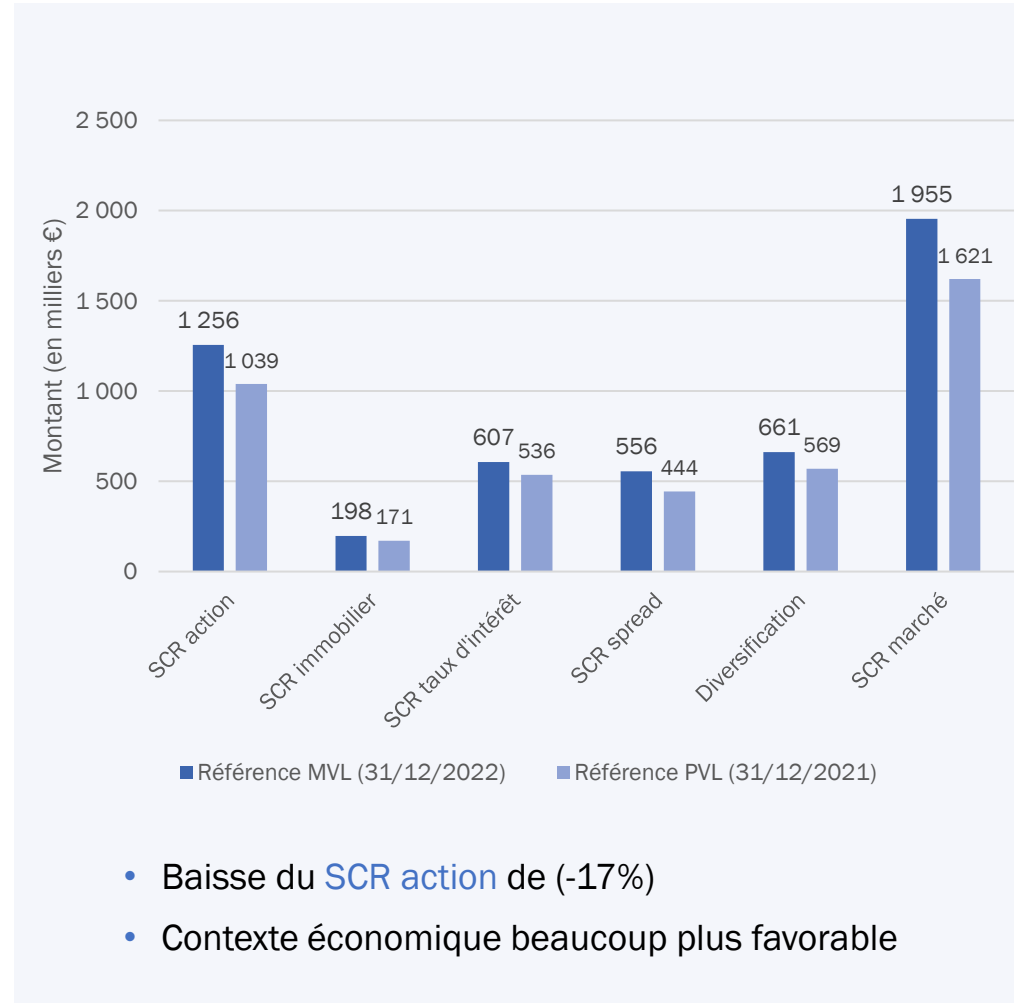
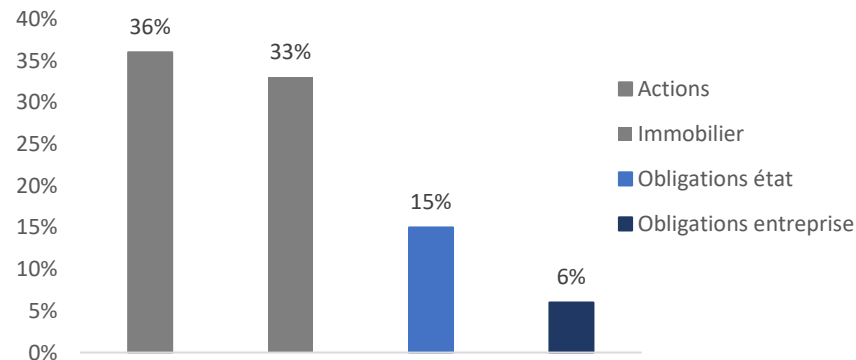
Avant (scénario central) :

Taux de PMVL



Après (scénario sensibilité) :

Taux de PMVL

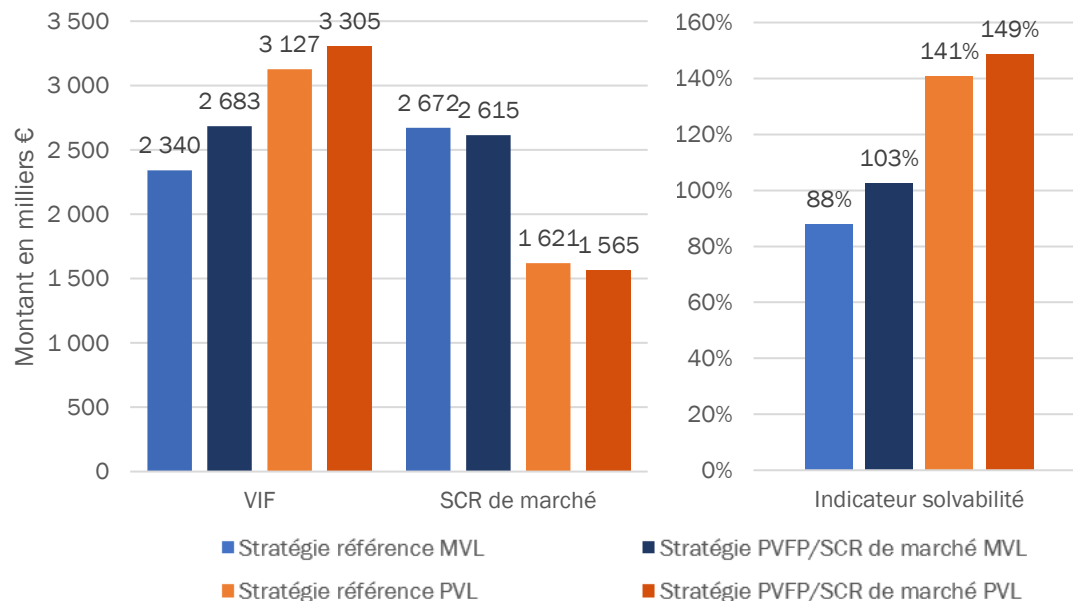


- Baisse du **SCR action** de (-17%)
- Contexte économique beaucoup plus favorable

SENSIBILITÉS ÉCONOMIQUES

Sensibilité des plus-values latentes obligataires sur le modèle

Actifs	Stratégie de Fixed-Mix	Stratégie PVFP/SCR de marché en MVL	Stratégie PVFP/SCR de marché en PVL
Obligation	71,39%	84,70%	80,30%
Action	19,40%	6,00%	9,82%
Immobilier	7,48%	6,30%	6,91%

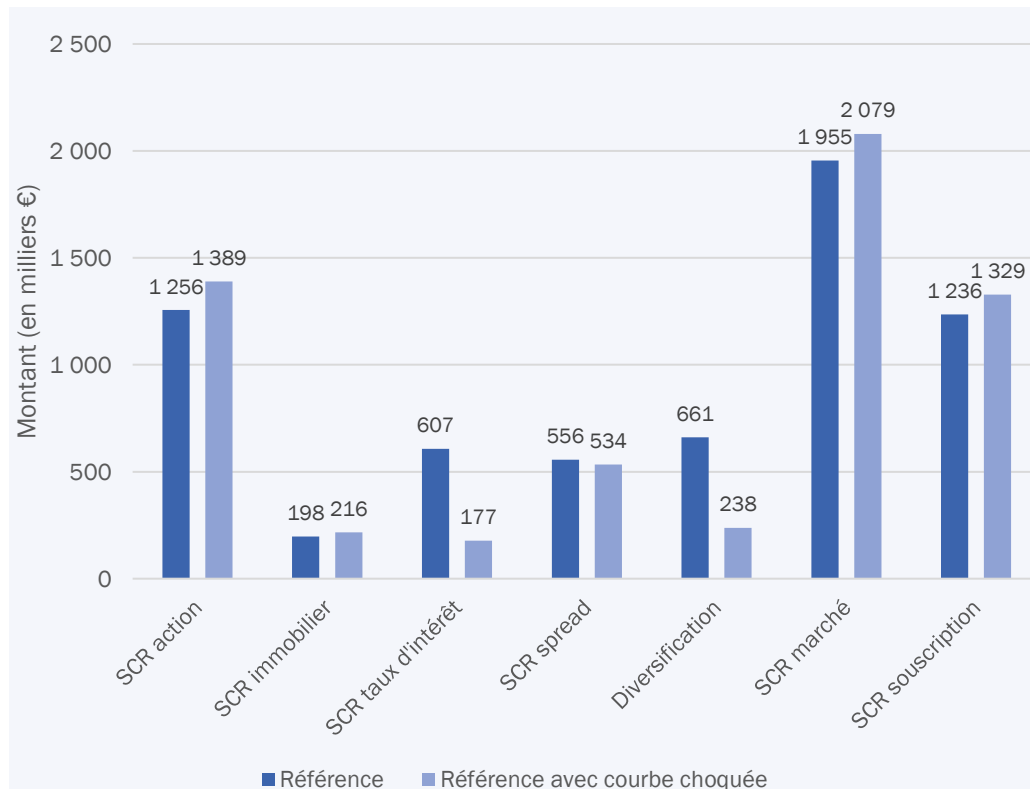
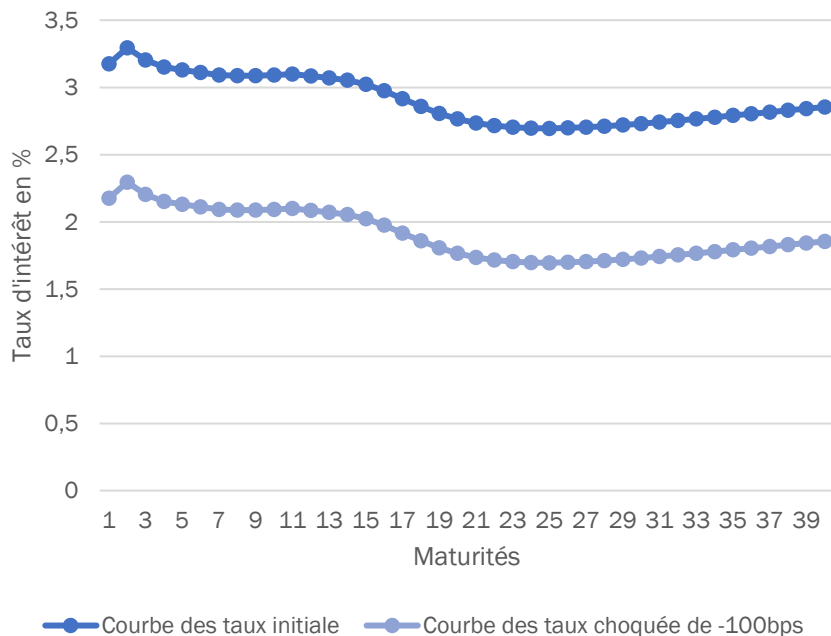


Composante du SCR	Écart avec la Fixed - mix en €	Écart en %
SCR action	-81 379	-7,8%
SCR immobilier	-21 482	-12,5%
SCR taux	95 837	17,9%
SCR spread	-1 485	-0,3%

- Amélioration des deux indicateurs PVFP et SCR de marché
- Le modèle capte bien le changement d'environnement économiques et s'adapte en fonction

SENSIBILITÉS ÉCONOMIQUES

Sensibilité d'un changement de la courbe des taux de -100bps

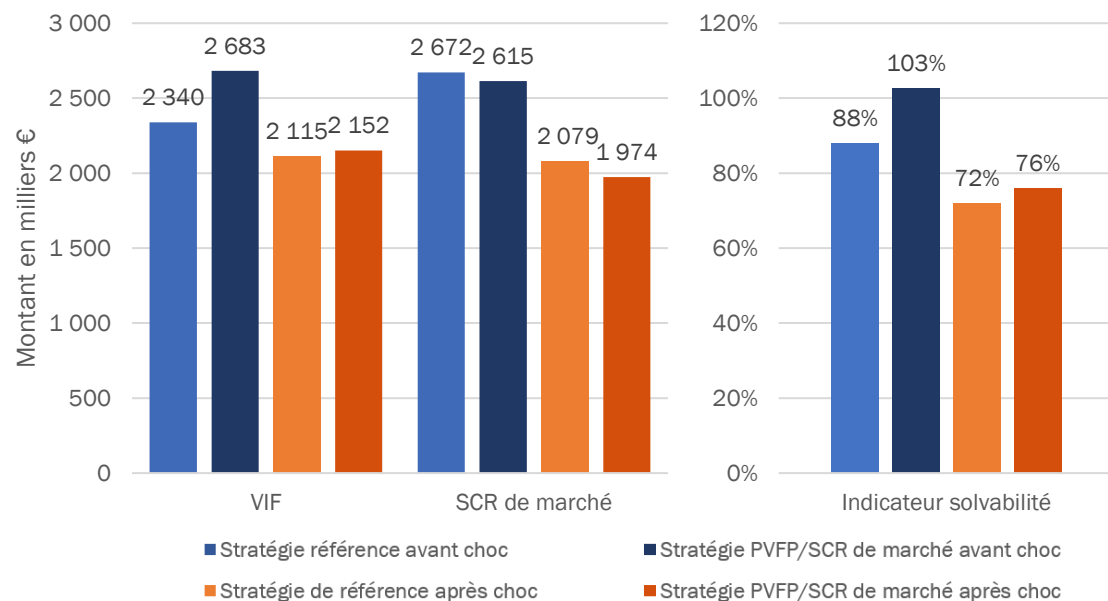


- Augmentation du **SCR action** de (+10%)
- **Perte de diversification** liée à la baisse du SCR de taux
- **SCR de souscription** en augmentation dominé par le **rachat massif**

SENSIBILITÉS ÉCONOMIQUES

Sensibilité d'un changement de la courbe des taux de -100bps

Actifs	Stratégie de Fixed-Mix	Stratégie PVFP/SCR de marché avant le choc	Stratégie PVFP/SCR de marché après le choc
Obligation	71,39%	84,70%	79,20%
Action	19,40%	6,00%	9,69%
Immobilier	7,48%	6,30%	8,04%



Composante du SCR	Écart avec la Fixed - mix en €	Écart en %
SCR action	-51 256	-4,1%
SCR immobilier	-33 320	-15,4%
SCR taux	-10 609	-5,9%
SCR spread	-7 407	-4,1%

- Amélioration des deux indicateurs PVFP et SCR de marché
- Malgré la détérioration de l'environnement économique le modèle arrive à s'adapter.

01

Définition du cadre de l'étude

02

Description de la méthodologie de travail

03

Application du *reinforcement learning* dans un modèle ALM

04

Test de sensibilités et de robustesse du modèle

05

Conclusion et apports envisageables

Synthèse



Méthodologie et calibration du modèle.

Application du *reinforcement learning* dans un modèle ALM

Analyse comportementale du modèle face à des tests d'impacts



Le couple la PVFP/SCR de marché se présente comme un candidat potentiel



Capacité d'adaptation à divers environnements économiques ainsi qu'à différents paramétrages

- ✓ Métriques d'optimisations
- ✓ Méthodologie d'entraînement du modèle

Apports

- Une solution polyvalente
- Performance financière et réglementaire

Axes d'amélioration



- La **durée d'entraînement** peut s'avérer conséquente, peu compatible avec les périodes de production
- Une approche par « **grid search** » pour trouver une combinaison optimale d'hyperparamètres

Pour aller plus loin



- Intégration dans des processus stratégiques de type ORSA
- L'inclusion de métriques liées au passif

Merci pour votre participation,
Avez-vous des questions ?

Lucas BLANCHETON

Analyste Actuaire à Accenture F&R&C

