

Researchpaper

## Une analyse par simulations des trajectoires masculines dans le régime de la Caisse Marocaine des Retraites : Retraite à la limite d'âge vs retraite sur demande\*

Zineb TALEB<sup>1</sup>, Tarek ZARI<sup>2</sup>

*1.2. Laboratoire de Modélisation Appliquée à l'Economie et à la Gestion, Casablanca, Maroc*

### PAPERINFO

Paper History

Received Dec 2025

Accepted May 2026

#### Keywords

Statutory retirement age,

Actuarial modeling,

Pension adequacy,

Early retirement.

### ABSTRACT

This paper provides an actuarial assessment of retirement at the statutory age versus early retirement upon request, based on an extensive multi-scenario simulation framework. The analysis evaluates the impact of retirement rules on three key performance indicators: replacement rate, recovery period, and recovery rate. A sensitivity analysis combined with ANOVA tests is used to identify dominant parameters and to compare the two retirement modalities in terms of the trade-off between financial sustainability and pension adequacy. The results indicate that retirement at the statutory age generally ensures higher replacement rates and shorter recovery periods, thus offering better income adequacy in retirement. Early retirement upon request, while providing greater individual flexibility and higher recovery rates, is associated with lower initial pensions and increased sensitivity to parametric assumptions. The identification of optimal and near-optimal scenarios highlights the importance of parameter consistency in maintaining the long-term balance of the pension system. From a public policy perspective, the findings suggest that early retirement should not be broadly promoted but rather carefully regulated as a targeted instrument within an actuarially driven pension reform strategy.

## Introduction

Les régimes de retraite publics sont aujourd'hui confrontés à des défis structurels majeurs, résultant à la fois de l'évolution démographique, de l'allongement de l'espérance de vie et des transformations profondes des trajectoires professionnelles. Ces dynamiques exercent une pression croissante sur l'équilibre financier des systèmes de retraite, en particulier dans les régimes contributifs à prestations définies, où la relation entre cotisations versées et pensions servies constitue un élément central de la soutenabilité à long terme. Dans ce contexte, les pouvoirs publics sont amenés à recourir à des réformes paramétriques afin d'ajuster les règles de fonctionnement des régimes, tout en cherchant à préserver leur rôle de protection sociale. Parmi les instruments mobilisés dans le cadre de ces réformes figurent notamment l'ajustement du taux d'annuité, du taux de cotisation, des mécanismes de revalorisation des salaires et des pensions, ainsi que la modification des conditions de départ à la retraite. La retraite sur demande, qui permet aux assurés de quitter le marché du travail avant l'âge statutaire, s'inscrit pleinement dans cette logique d'ajustement. Elle est souvent présentée comme un outil de flexibilité susceptible de répondre à des considérations individuelles, organisationnelles ou budgétaires. Toutefois, cette modalité de départ soulève des interrogations importantes quant à ses effets sur l'équilibre actuariel des régimes et sur le niveau des pensions servies aux retraités. En effet, un départ anticipé modifie simultanément plusieurs dimensions fondamentales du système de retraite. Il réduit la durée de cotisation, allonge la période de versement des pensions et influe sur le rapport entre les flux de cotisations et les flux de prestations. Ces effets peuvent, selon les paramètres retenus et l'âge effectif de départ, améliorer temporairement certains indicateurs financiers tout en dégradant l'adéquation des pensions, ou inversement. Dès lors, l'enjeu central n'est pas de déterminer si la retraite sur demande est intrinsèquement favorable ou défavorable, mais d'évaluer dans quelles conditions elle peut constituer une option économiquement viable et socialement acceptable.

Dans le cas du Maroc, et plus particulièrement du régime de la Caisse Marocaine des Retraites (CMR), ces questions revêtent une importance particulière. Le régime de la fonction publique repose sur des règles institutionnelles précises, et les débats récents sur sa soutenabilité ont mis en évidence la nécessité d'analyses quantitatives rigoureuses permettant d'éclairer les choix de politique publique. Si plusieurs travaux se sont intéressés aux déséquilibres financiers du système ou aux effets globaux des réformes paramétriques, les comparaisons systématiques entre la retraite à la limite d'âge et la retraite sur demande demeurent relativement rares, notamment lorsqu'elles reposent sur une modélisation actuarielle explicite et des indicateurs homogènes. Par ailleurs, l'hétérogénéité des trajectoires professionnelles constitue un élément déterminant dans l'analyse des régimes de retraite. Afin de limiter les biais liés à cette diversité et de garantir une lecture claire des mécanismes à l'œuvre, cette étude se concentre exclusivement sur les assurés masculins. Ce choix méthodologique permet d'isoler l'effet du type de départ à la retraite sur les principaux indicateurs de performance du régime, sans introduire de complexité supplémentaire liée aux différences structurelles de carrière ou d'espérance de vie entre les sexes. L'objectif n'est donc pas d'aborder la question des inégalités de genre, mais de proposer une analyse comparative rigoureuse entre deux modalités institutionnelles de départ à la retraite pour un groupe homogène d'assurés. L'objectif principal de cet article est d'analyser et de comparer, pour les assurés masculins du régime de la CMR, les effets de la retraite à la limite d'âge et de la retraite sur demande sur trois indicateurs actuariels clés : le taux de remplacement, le délai de récupération et le taux de récupération. Le taux de remplacement permet d'apprécier l'adéquation des pensions servies au regard des revenus d'activité, tandis que le délai et le taux de récupération fournissent une lecture complémentaire de la soutenabilité financière du régime, en évaluant la relation entre les cotisations cumulées et les pensions versées au cours de la retraite. À partir d'un large ensemble de simulations paramétriques, l'étude vise également à identifier, pour chaque modalité de départ, un scénario considéré comme optimal au regard de contraintes explicites d'adéquation et de soutenabilité.

L'apport de cet article est double. D'une part, il propose une comparaison quantitative systématique entre la retraite à la limite d'âge et la retraite sur demande, fondée sur une modélisation actuarielle détaillée et une analyse de sensibilité des principaux paramètres du régime. D'autre part, il adopte une approche résolument décisionnelle en cherchant à déterminer dans quelle mesure la retraite sur demande peut être encouragée par les pouvoirs publics, ou au contraire doit être strictement encadrée, afin d'éviter des déséquilibres financiers ou une dégradation excessive du niveau des pensions. Le reste de l'article est organisé comme suit. La section 2 présente le cadre analytique et la modélisation actuarielle du régime de retraite, ainsi que les indicateurs retenus pour l'évaluation. La section 3 décrit la méthodologie de simulation et les hypothèses sous-jacentes. La section 4 expose les résultats empiriques, en comparant les deux modalités de départ à la retraite et en identifiant les scénarios optimaux correspondants. Enfin, la section 5 discute les implications économiques et de politique publique des résultats obtenus, avant qu'une conclusion ne synthétise les principaux enseignements de l'étude.

## 2. Cadre analytique et modélisation actuarielle

Cette section présente le cadre analytique et la modélisation actuarielle sur lesquels reposent les comparaisons entre la

retraite à la limite d'âge et la retraite sur demande dans le cas des assurés masculins du régime de la Caisse Marocaine des Retraites (CMR). Elle vise à expliciter les hypothèses retenues, les mécanismes de calcul des cotisations et des pensions, ainsi que les indicateurs utilisés pour évaluer les effets des différentes modalités de départ à la retraite. L'objectif est de fournir une base théorique et actuarielle claire permettant d'interpréter les résultats issus des simulations présentées ultérieurement.

## 2.1 Hypothèses générales et population étudiée

L'analyse porte exclusivement sur les assurés masculins affiliés au régime de la Caisse Marocaine des Retraites. Ce choix méthodologique répond à un double objectif. D'une part, il permet de limiter l'hétérogénéité des trajectoires professionnelles et démographiques, afin de concentrer l'analyse sur l'effet du type de départ à la retraite. D'autre part, il assure une meilleure comparabilité entre la retraite à la limite d'âge et la retraite sur demande, en évitant l'introduction de différences structurelles liées au genre, telles que les écarts d'espérance de vie ou de profils de carrière.

Les assurés sont supposés intégrer la fonction publique à un âge donné et accomplir une carrière continue jusqu'à l'âge effectif de liquidation des droits à la retraite. Deux modalités de départ sont considérées. La première correspond à la retraite à la limite d'âge, qui constitue la trajectoire de référence du régime et reflète le fonctionnement statutaire standard. La seconde correspond à la retraite sur demande, caractérisée par un départ anticipé à un âge inférieur à la limite d'âge, selon les règles en vigueur.

Les deux modalités sont analysées dans un cadre actuariel commun. Les paramètres institutionnels du régime, tels que le taux d'annuité, le taux de cotisation, les mécanismes de revalorisation des salaires et des pensions, sont supposés identiques pour les deux types de retraite. Ainsi, la seule différence structurelle entre les scénarios réside dans l'âge de départ à la retraite, qui détermine à la fois la durée de cotisation et la durée de versement des pensions. Cette hypothèse permet d'attribuer les écarts observés dans les indicateurs actuariels exclusivement à l'effet du type de retraite, et non à des modifications concomitantes des paramètres du régime.

*Tableau 1 : Les hypothèses proposées dans l'étude*

Hypothèses	Population étudiée	Type de régime	Début de carrière	Continuité de carrière	Modalité de départ	
<b>Retraite à la limite d'âge (LA)</b>	Assurés masculins affiliés à la CMR	Régime contributif à prestations définies	Entrée dans la fonction publique à un âge donné (variable selon les scénarios)	Carrière continue sans interruption	Départ automatique à l'âge statutaire	
<b>Retraite sur demande</b>	Assurés masculins affiliés à la CMR	Régime contributif à prestations définies	Entrée dans la fonction publique à un âge donné (variable selon les scénarios)	Carrière continue sans interruption	Départ anticipé à l'initiative de l'assuré	
Hypothèses	Âge de départ à la retraite	Durée de cotisation	Taux d'annuité	Taux de cotisation	Salaire initial	Espérance de vie
<b>Retraite à la limite d'âge (LA)</b>	Fixé à la limite d'âge du régime	Maximisée jusqu'à la limite d'âge	Constant sur l'ensemble de la carrière	Constant et identique pour tous les scénarios	Salaire de base fixé à l'entrée dans la carrière	Identique pour l'ensemble des scénarios masculins
<b>Retraite sur demande</b>	Variable selon les scénarios (inférieur à la limite d'âge)	Réduite en fonction de l'âge de départ	Constant sur l'ensemble de la carrière	Constant et identique pour tous les scénarios	Salaire de base fixé à l'entrée dans la carrière	Identique pour l'ensemble des scénarios masculins
Hypothèses	Croissance des salaires	Pension initiale	Revalorisation des pensions	Durée de versement des pensions	Paramètres institutionnels	Objectif de l'analyse
<b>Retraite à la limite d'âge (LA)</b>	Taux annuel constant	Calculée à partir de la durée complète de carrière	Taux annuel constant après liquidation	Plus courte (départ tardif)	Identiques à ceux du régime de référence	Trajectoire de référence
<b>Retraite sur demande</b>	Taux annuel constant	Calculée à partir d'une durée de cotisation réduite	Taux annuel constant après liquidation	Plus longue (départ anticipé)	Identiques à ceux du régime de référence	Évaluation de la viabilité du départ anticipé

## 2.2 Modélisation du régime de retraite

La modélisation du régime de retraite constitue le socle analytique sur lequel repose l'ensemble des simulations et des comparaisons développées dans cette étude. Elle vise à représenter de manière cohérente et transparente les mécanismes fondamentaux de constitution des droits à pension et de versement des prestations dans le cadre du régime de la Caisse Marocaine des Retraites (CMR). L'approche retenue s'inscrit dans une logique actuarielle simplifiée, permettant de mettre en évidence les effets propres des paramètres du régime et, en particulier, de l'âge de départ à la retraite.

La modélisation repose sur une carrière professionnelle continue, débutant à un âge donné et s'achevant à l'âge effectif de départ à la retraite. Les assurés versent des cotisations tout au long de leur carrière, calculées sur la base de leur rémunération, tandis que les pensions sont servies après la liquidation des droits selon des règles paramétriques prédéfinies. Les différences observées entre la retraite à la limite d'âge et la retraite sur demande découlent exclusivement de la durée de cotisation et de la durée de perception des pensions, toutes choses égales par ailleurs.

### 2.2.1 Évolution du salaire au cours de la carrière

Le salaire constitue la variable centrale de la modélisation, puisqu'il détermine à la fois le montant des cotisations versées pendant la période d'activité et, indirectement, le niveau de la pension servie à la retraite. Le salaire initial à l'entrée dans la fonction publique est noté  $S_0$ . Il est supposé évoluer au cours de la carrière selon un taux de croissance annuel constant  $T_{RS}$ , reflétant la progression salariale individuelle et les revalorisations générales applicables aux traitements de la fonction publique.

Le salaire perçu à l'année  $t$  est alors défini par la relation suivante :

$$S_t = S_0(1 + T_{RS})^t$$

Cette formulation permet de construire des trajectoires salariales cohérentes sur l'ensemble de la carrière, tout en conservant une structure suffisamment simple pour faciliter l'analyse paramétrique. Les variations du taux de croissance des salaires constituent l'un des leviers analysés dans les simulations, afin d'évaluer leur impact sur les indicateurs actuariels.

### 2.2.2 Modélisation des cotisations

Les cotisations versées par l'assuré sont calculées en appliquant un taux de cotisation constant au salaire annuel. Le montant des cotisations versées à l'année  $t$  est ainsi donné par :

$$C_t = T_c * S * T_{rs} * \text{Durée de service}$$

La durée totale de cotisation, notée  $T$ , dépend directement de l'âge de départ à la retraite. Dans le cas de la retraite à la limite d'âge, cette durée est maximisée, tandis que la retraite sur demande se traduit par une réduction de la période de cotisation.

Cette variable joue un rôle central dans l'évaluation de la soutenabilité financière du régime, puisqu'elle représente l'effort contributif total de l'assuré. La comparaison entre les deux modalités de départ met en évidence l'arbitrage entre une accumulation prolongée de cotisations et un départ anticipé entraînant une diminution du volume contributif.

### 2.2.3 Calcul de la pension initiale

La pension servie à la retraite est déterminée selon les règles du régime contributif à prestations définies. Elle dépend du taux d'annuité  $r$ , de la durée de cotisation  $T$  et du salaire de référence. Dans le cadre de cette étude, la pension annuelle initiale est modélisée comme le produit du taux d'annuité, de la durée de cotisation et du salaire moyen de référence. Cette formulation met en évidence le rôle central de la durée de cotisation dans la détermination du niveau de la pension. Un départ anticipé dans le cadre de la retraite sur demande conduit à une pension initiale plus faible, toutes choses égales par ailleurs, en raison de la réduction du nombre d'années cotisées.

### 2.2.4 Revalorisation des pensions et flux de prestations

Après la liquidation des droits, la pension est revalorisée annuellement selon un taux constant  $g_p$ , reflétant les mécanismes de revalorisation prévus par le régime. Le montant de la pension perçue à l'année  $k$  après la retraite est ainsi donné par :

$$P_t = P * (1 + T_{rp})^k$$

Les flux de prestations perçues par l'assuré au cours de la retraite correspondent à la somme des pensions versées sur l'ensemble de la période de perception. La durée de versement des pensions dépend de l'âge de départ à la retraite et de l'horizon de vie considéré. Dans le cas de la retraite sur demande, cette durée est plus longue, ce qui peut compenser partiellement le niveau plus faible de la pension initiale.

### 2.2.5 Logique actuarielle de la comparaison des modalités de départ

La comparaison entre la retraite à la limite d'âge et la retraite sur demande repose sur un arbitrage actuariel fondamental entre durée de cotisation, niveau de la pension initiale et durée de perception des prestations. La retraite à la limite d'âge

permet une accumulation plus importante de cotisations et conduit à une pension initiale plus élevée, mais servie sur une période plus courte. À l'inverse, la retraite sur demande se traduit par un effort contributif réduit et une pension initiale plus faible, mais versée sur une période plus longue.

Ces mécanismes opposés justifient une analyse approfondie des indicateurs actuariels afin d'évaluer, pour chaque modalité de départ, les conditions sous lesquelles un compromis acceptable peut être atteint entre adéquation des pensions et soutenabilité financière du régime. La modélisation développée dans cette section constitue ainsi le cadre de référence pour les simulations et les analyses empiriques présentées dans les sections suivantes

## 2.3 Indicateurs d'évaluation

L'analyse comparative entre la retraite à la limite d'âge et la retraite sur demande ne peut se limiter à l'étude isolée des paramètres du régime. Elle nécessite l'utilisation d'indicateurs actuariels synthétiques permettant d'évaluer simultanément l'adéquation des pensions servies et la soutenabilité financière du système. Dans cette optique, trois indicateurs complémentaires sont retenus : le taux de remplacement, le délai de récupération et le taux de récupération.

Le choix de ces indicateurs répond à une logique actuarielle précise. Le taux de remplacement renseigne sur le niveau de vie du retraité après la cessation d'activité. Le délai de récupération permet d'évaluer la rapidité avec laquelle le régime compense les cotisations versées par l'assuré. Enfin, le taux de récupération offre une mesure globale de l'équilibre entre les prestations perçues et les cotisations accumulées. Leur utilisation conjointe permet ainsi d'éviter une lecture partielle des effets du type de départ à la retraite et de mettre en évidence les arbitrages inhérents aux différentes configurations paramétriques.

### 2.3.1 Taux de remplacement

Le taux de remplacement constitue l'un des indicateurs les plus couramment mobilisés dans l'analyse des systèmes de retraite. Il mesure le rapport entre la pension annuelle servie au moment de la liquidation des droits et le dernier salaire perçu en activité. Cet indicateur permet d'apprécier la capacité du régime à assurer une continuité de revenu après le départ à la retraite et, par conséquent, à préserver le niveau de vie des retraités.

Formellement, le taux de remplacement est défini comme :

$$RR = P_1 / S_{tf}$$

Où  $P$  représente la pension annuelle initiale et  $S_{tf}$  le salaire perçu lors de la dernière année d'activité. Un taux de remplacement élevé traduit une pension relativement proche du revenu d'activité, tandis qu'un taux faible peut indiquer une rupture significative du niveau de vie au moment du départ à la retraite.

Dans le cadre de cette étude, le taux de remplacement est particulièrement sensible à la durée de cotisation et au taux d'annuité. La retraite à la limite d'âge, en permettant une accumulation maximale de droits, conduit généralement à un taux de remplacement plus élevé. À l'inverse, la retraite sur demande, caractérisée par un départ anticipé, tend à réduire le taux de remplacement, toutes choses égales par ailleurs. L'analyse de cet indicateur permet ainsi de quantifier le coût individuel du départ anticipé en termes de niveau de pension.

### 2.3.2 Délai de récupération

Le délai de récupération constitue un indicateur clé du point de vue de la soutenabilité financière du régime. Il correspond au nombre d'années nécessaires pour que le montant cumulé des pensions versées à l'assuré soit égal au montant total des cotisations qu'il a versées au cours de sa carrière. Cet indicateur fournit une mesure temporelle de l'équilibre entre les flux de cotisations et les flux de prestations.

Le délai de récupération est formellement défini comme :

$$DR = \sum_t^{t=1} C / P_{t=1}$$

où  $C$  représente le montant cumulé des cotisations et  $P_{t=1}$  la pension versée à l'année  $t$  après la retraite. Plus le délai de récupération est court, plus le régime récupère rapidement les cotisations versées par l'assuré.

Dans le cas de la retraite sur demande, le délai de récupération tend à être plus court que dans le cas de la retraite à la limite d'âge. Cette situation s'explique par la combinaison de deux effets : une durée de cotisation plus courte, réduisant le montant cumulé des cotisations, et une période de versement des pensions plus longue. Cet indicateur permet ainsi de mettre en évidence les implications financières du départ anticipé du point de vue du régime, indépendamment du niveau absolu des pensions servies.

### 2.3.3 Taux de récupération

Le taux de récupération complète l'analyse en proposant une mesure globale de l'équilibre actuariel entre les cotisations versées et les prestations perçues. Il correspond au rapport entre le montant total des pensions versées au cours de la retraite et le montant cumulé des cotisations versées durant la carrière.

Le taux de récupération est défini comme :

$$TR = \sum_1^{t=0} P / C$$

Où P représente la durée totale de perception de la pension. Un taux de récupération supérieur à l'unité indique que le montant total des pensions perçues excède les cotisations versées, tandis qu'un taux inférieur à l'unité traduit une situation inverse.

Cet indicateur offre une lecture synthétique de la performance actuarielle du régime du point de vue individuel. Dans le cas de la retraite sur demande, le taux de récupération peut être relativement élevé, en raison de la durée prolongée de perception des pensions, malgré un niveau de pension initial plus faible. À l'inverse, la retraite à la limite d'âge tend à produire un taux de récupération plus modéré, reflétant un meilleur équilibre entre les flux contributifs et les flux de prestations.

### 2.3.4 Complémentarité des indicateurs

L'utilisation conjointe du taux de remplacement, du délai de récupération et du taux de récupération permet de dépasser une analyse unidimensionnelle du système de retraite. Un scénario offrant un taux de remplacement élevé peut s'accompagner d'un délai de récupération long, tandis qu'un scénario financièrement favorable au régime peut impliquer une dégradation du niveau de pension.

L'approche retenue dans cette étude vise précisément à mettre en évidence ces arbitrages et à identifier, pour chaque modalité de départ à la retraite, les configurations paramétriques permettant d'atteindre un compromis acceptable entre adéquation des pensions et soutenabilité financière. Ces indicateurs constituent ainsi le socle analytique sur lequel repose l'identification des scénarios optimaux présentée dans les sections suivantes.

## 3. Méthodologie de simulation

Cette section présente la méthodologie retenue pour analyser et comparer les effets de la retraite à la limite d'âge et de la retraite sur demande dans le cas des assurés masculins du régime de la Caisse Marocaine des Retraites. L'approche adoptée repose sur des simulations paramétriques permettant d'explorer un large éventail de trajectoires professionnelles et de configurations institutionnelles, tout en maintenant un cadre actuariel commun. L'objectif est d'évaluer de manière systématique l'impact du type de départ à la retraite sur les principaux indicateurs définis précédemment et d'identifier, pour chaque modalité, les scénarios considérés comme optimaux.

### 3.1 Construction des scénarios

L'analyse repose sur la construction d'un ensemble étendu de scénarios de simulation, générés à partir de combinaisons de paramètres institutionnels et économiques représentatifs du fonctionnement du régime. Chaque scénario correspond à une trajectoire professionnelle complète, depuis l'entrée dans la fonction publique jusqu'à la fin de la période de perception de la pension.

Les scénarios sont construits à partir d'un âge de recrutement variant dans un intervalle donné, reflétant la diversité des parcours d'entrée dans la fonction publique. À partir de cet âge initial, la carrière est supposée continue jusqu'à l'âge effectif de départ à la retraite, qui dépend de la modalité considérée. Dans le cas de la retraite à la limite d'âge, l'âge de départ est fixé au seuil statutaire. Dans le cas de la retraite sur demande, l'âge de départ est variable et inférieur à la limite d'âge, permettant d'analyser différentes situations de départ anticipé.

Les paramètres institutionnels du régime sont introduits de manière discrète afin de refléter les configurations effectivement observables ou envisageables dans le cadre des réformes paramétriques. Le taux d'annuité, le taux de cotisation, le taux de croissance des salaires et le taux de revalorisation des pensions prennent ainsi plusieurs valeurs possibles, combinées de façon exhaustive. Cette approche permet de couvrir un large spectre de configurations et d'identifier les paramètres exerçant une influence significative sur les indicateurs actuariels.

*Tableau 2 : Les scénarios étudiés*

	Retraite Limite d'âge	Retraite sur demande
	Homme	
Nombre des scénarios	2736 scénarios	4032 scénarios
Hypothèses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Âge de recrutement : 18 à 36 ans</li> <li>• Taux d'annuité : 1,25 % – 1,5 % – 1,75 % – 2 %</li> <li>• Taux de cotisation : 26 % – 28 % – 30 % – 32 %</li> <li>• Taux de revalorisation des pensions : 0 % – 1 % – 2 %</li> <li>• Taux de revalorisation des salaires : 3 % – 3,5 % – 4 %</li> <li>• Salaire de base : 10 000 DH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Âge de recrutement : 18 à 36 ans</li> <li>• Taux d'annuité : 1,25 % – 1,5 % – 1,75 % – 2 %</li> <li>• Taux de cotisation : 26 % – 28 % – 30 % – 32 %</li> <li>• Taux de revalorisation des pensions : 0 % – 1 % – 2 %</li> <li>• Taux de revalorisation des salaires : 3 % – 3,5 % – 4 %</li> <li>• Salaire de base : 10 000 DH</li> <li>• Âge de départ : 50, 55, 60 ans</li> </ul>
Résultats	Taux de récupération =	Somme des pensions / Somme des cotisations
	Délai de récupération =	Somme des cotisations / Première pension
	Taux de remplacement =	Première pension / Dernier salaire

L'ensemble des scénarios est généré de manière systématique, chaque combinaison de paramètres donnant lieu au calcul des cotisations cumulées, des pensions versées et des indicateurs d'évaluation définis à la section précédente. Cette démarche de type « stress test » permet d'examiner le comportement du régime dans des contextes variés, sans se limiter à un scénario de référence unique. Elle garantit également que les comparaisons entre la retraite à la limite d'âge et la retraite sur demande reposent sur des bases homogènes et comparables.

### 3.2 Méthode d'analyse

Une fois les scénarios générés et les indicateurs actuariels calculés, l'analyse repose sur une combinaison d'outils descriptifs et statistiques visant à évaluer l'impact des paramètres du régime et du type de départ à la retraite. Dans un premier temps, une analyse descriptive permet d'examiner la distribution des indicateurs (taux de remplacement, délai de récupération et taux de récupération) selon la modalité de départ considérée. Cette étape fournit une première lecture des écarts structurels entre la retraite à la limite d'âge et la retraite sur demande.

Dans un second temps, une analyse de sensibilité est conduite afin d'évaluer l'influence des principaux paramètres sur les indicateurs actuariels. Cette analyse vise à identifier les paramètres dominants et à distinguer ceux qui exercent un effet significatif de ceux dont l'impact demeure marginal. Dans ce cadre, une analyse de variance (ANOVA) à un facteur est mobilisée pour tester la significativité statistique des différences observées entre les groupes de scénarios définis par les valeurs des paramètres étudiés.

Le recours à l'ANOVA se justifie par la nature discrète des paramètres institutionnels considérés. Les valeurs du taux d'annuité, du taux de cotisation ou des mécanismes de revalorisation correspondent à des choix paramétriques précis et ne peuvent être assimilées à des variables continues. L'ANOVA permet ainsi de comparer les moyennes des indicateurs entre plusieurs groupes et de déterminer si les écarts observés sont statistiquement significatifs ou susceptibles de résulter du hasard.

Cette approche statistique complète l'analyse descriptive en apportant une validation formelle des effets observés. Elle permet de hiérarchiser les paramètres en fonction de leur impact sur les indicateurs actuariels et de fournir un appui méthodologique à la sélection des scénarios retenus dans l'analyse d'optimalité. L'ensemble de ces résultats constitue la base empirique sur laquelle repose l'identification des scénarios optimaux présentée dans la section suivante.

### 3.3 Critères d'optimalité

L'identification de scénarios pertinents ne peut se limiter à une comparaison descriptive des résultats issus des simulations. Dans un contexte de réforme des retraites, l'enjeu central consiste à déterminer des configurations paramétriques permettant d'assurer un compromis acceptable entre l'adéquation des pensions servies aux assurés et la soutenabilité financière du régime. Dans cette optique, l'analyse repose sur une définition explicite de critères d'optimalité, appliqués de manière systématique à l'ensemble des scénarios simulés.

La démarche adoptée dans cette étude s'inscrit dans une approche décisionnelle. Chaque scénario est évalué à partir des

trois indicateurs actuariels définis précédemment : le taux de remplacement, le délai de récupération et le taux de récupération. Ces indicateurs permettent de capturer des dimensions complémentaires de la performance du régime, mais ne peuvent être interprétés isolément. Un scénario caractérisé par un taux de remplacement élevé peut, par exemple, s'accompagner d'un délai de récupération excessif, tandis qu'un scénario favorable du point de vue financier peut impliquer une dégradation significative de l'adéquation des pensions.

Afin de restreindre l'analyse aux configurations économiquement et socialement acceptables, des contraintes explicites sont introduites. En premier lieu, une contrainte d'adéquation est imposée sur le taux de remplacement, de manière à exclure les scénarios conduisant à un niveau de pension jugé insuffisant pour assurer une continuité raisonnable du revenu après la retraite. En second lieu, une contrainte de soutenabilité est appliquée au délai de récupération, afin d'écarter les scénarios pour lesquels le régime mettrait un temps excessif à compenser les cotisations versées par l'assuré. Ces contraintes permettent de filtrer l'espace des scénarios et de concentrer l'analyse sur un sous-ensemble de configurations admissibles.

Au sein de cet ensemble restreint, l'identification des scénarios optimaux repose sur une fonction objectif synthétique visant à arbitrer entre adéquation et soutenabilité. Cette fonction objectif combine le taux de remplacement et le délai de récupération, en attribuant un poids relatif à chacune de ces dimensions. La formulation retenue permet de privilégier les scénarios offrant un niveau de pension satisfaisant tout en limitant la durée nécessaire à la récupération des cotisations. Le taux de récupération est mobilisé comme indicateur complémentaire afin de vérifier la cohérence globale de l'équilibre entre les flux de cotisations et de prestations.

Cette stratégie d'optimalité est appliquée séparément aux deux modalités de départ à la retraite considérées. Un scénario optimal est ainsi identifié pour la retraite à la limite d'âge et pour la retraite sur demande. Cette distinction est essentielle, dans la mesure où les deux modalités reposent sur des dynamiques actuariels différentes et impliquent des arbitrages spécifiques. La comparaison des scénarios optimaux permet alors d'évaluer, à paramètres constants, les conditions sous lesquelles la retraite sur demande peut constituer une alternative viable à la retraite à la limite d'âge.

Enfin, afin d'éviter une interprétation excessive des résultats, l'analyse ne se limite pas à la sélection d'un scénario unique. Des scénarios proches de l'optimum sont également examinés afin d'évaluer la robustesse des conclusions et d'illustrer les marges de manœuvre possibles en matière de choix paramétriques. Cette approche permet de formuler des recommandations nuancées et de tenir compte des contraintes institutionnelles et politiques susceptibles d'influencer la mise en œuvre effective des réformes.

## **4. Résultats empiriques**

Cette section présente les résultats empiriques issus des simulations réalisées pour les assurés masculins, en distinguant la retraite à la limite d'âge et la retraite sur demande. L'analyse repose sur l'exploitation des indicateurs actuariels moyens observés pour chaque paramètre du régime, à savoir le taux de remplacement, le délai de récupération et le taux de récupération. Les résultats sont organisés autour d'une analyse de sensibilité paramétrique, suivie d'une comparaison synthétique entre les deux modalités de départ à la retraite. Les tableaux détaillés par scénario sont présentés en annexe.

### **4.1 Analyse de sensibilité des paramètres**

L'analyse de sensibilité vise à évaluer l'impact des principaux paramètres du régime sur les indicateurs actuariels. Les figures issues des simulations mettent en évidence des relations claires et économiquement cohérentes, confirmant la robustesse du cadre de modélisation.

La Figure 1 présente l'évolution du taux de remplacement moyen en fonction du taux d'annuité (1,25 %, 1,50 %, 1,75 % et 2,00 %), tandis que la Figure 2 illustre son impact sur le délai de récupération moyen. Les résultats montrent une relation croissante quasi linéaire entre le taux d'annuité et le taux de remplacement, celui-ci passant d'environ 0,39 à 0,62. Parallèlement, le délai de récupération diminue sensiblement, passant d'environ 15,3 ans à 9,9 ans, traduisant une récupération plus rapide des cotisations versées. Ces résultats confirment le rôle central du taux d'annuité dans la détermination du niveau des pensions et de la performance individuelle du régime.

Figure 1 : Taux d'annuité vs taux de remplacement

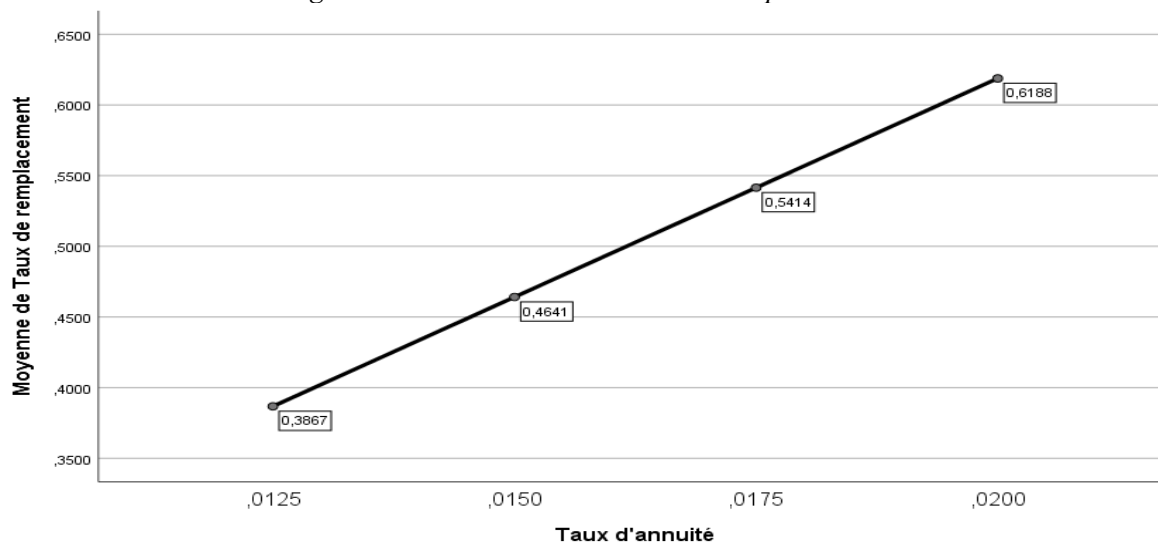
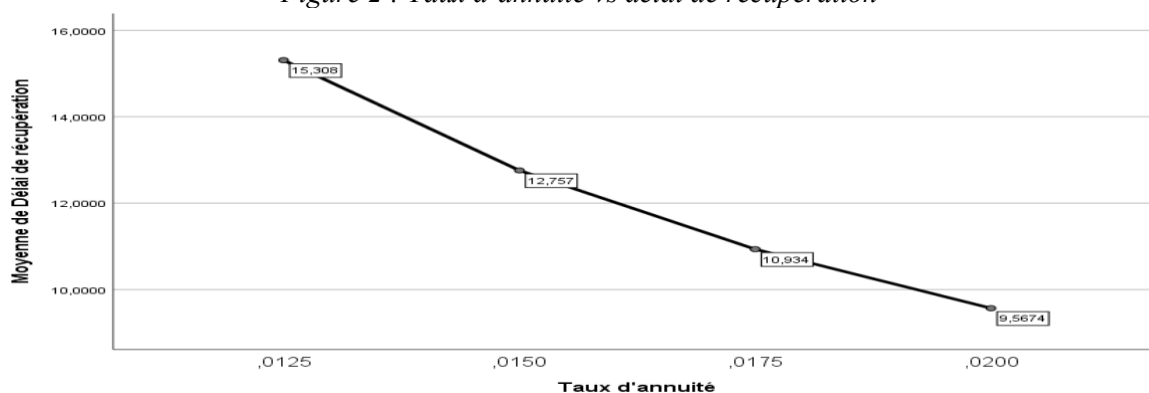


Figure 2 : Taux d'annuité vs délai de récupération



L'effet du taux de cotisation (26 %, 28 %, 30 % et 32 %) est illustré par la Figure 3, qui présente son impact sur le taux de récupération moyen, et par la Figure 4, relative au délai de récupération. Le taux de récupération diminue progressivement, passant d'environ 1,79 à 1,45, reflétant l'augmentation de l'effort contributif. En revanche, le délai de récupération augmente de manière quasi linéaire, passant d'environ 10,9 ans à 13,8 ans. La Figure 5, relative au taux de remplacement, montre une stabilité globale autour de 0,53, indiquant que le taux de cotisation agit principalement comme un paramètre de financement plutôt que comme un levier d'adéquation des pensions.

Figure 3 : Taux de cotisation vs taux de récupération

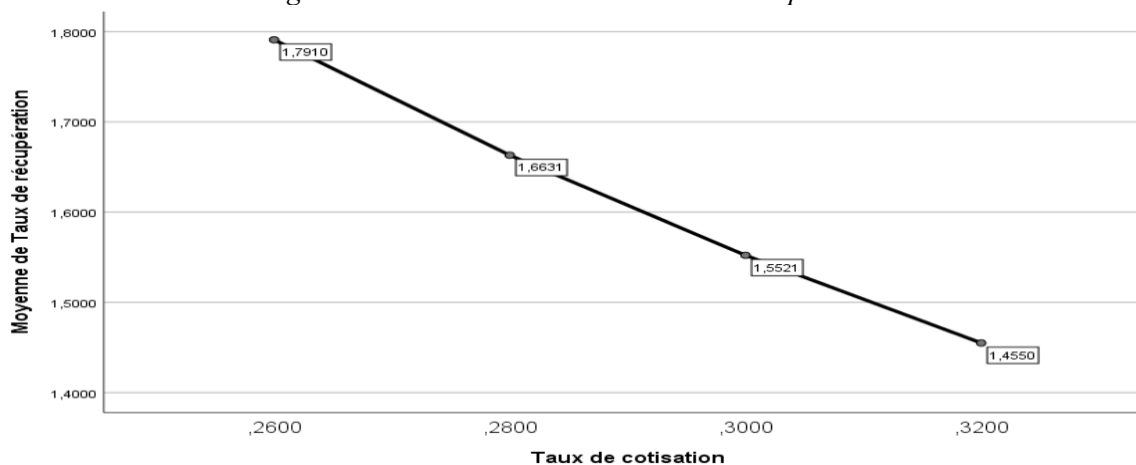


Figure 4 : Taux de cotisation vs délai de récupération

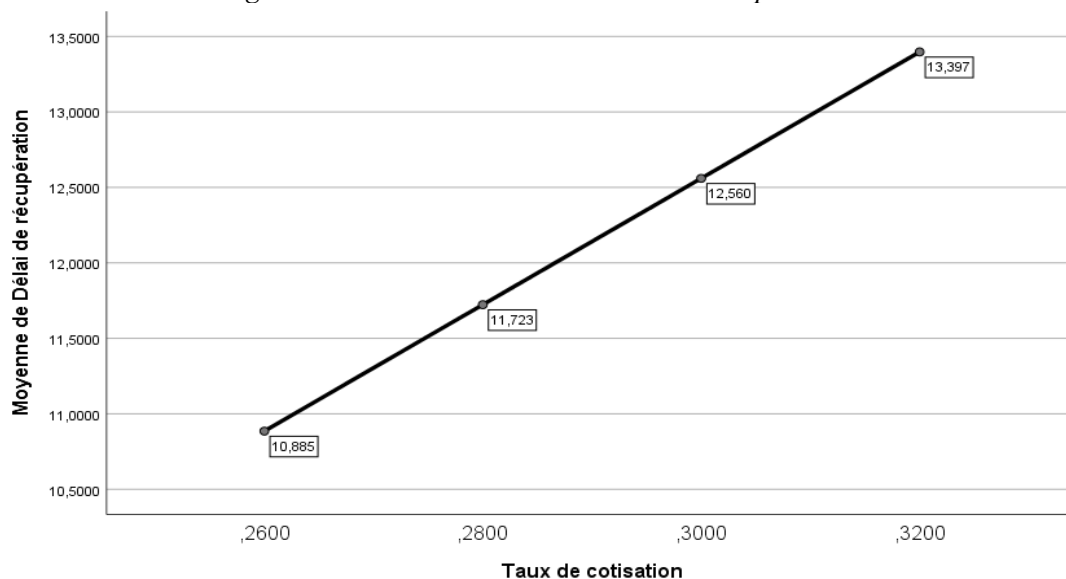
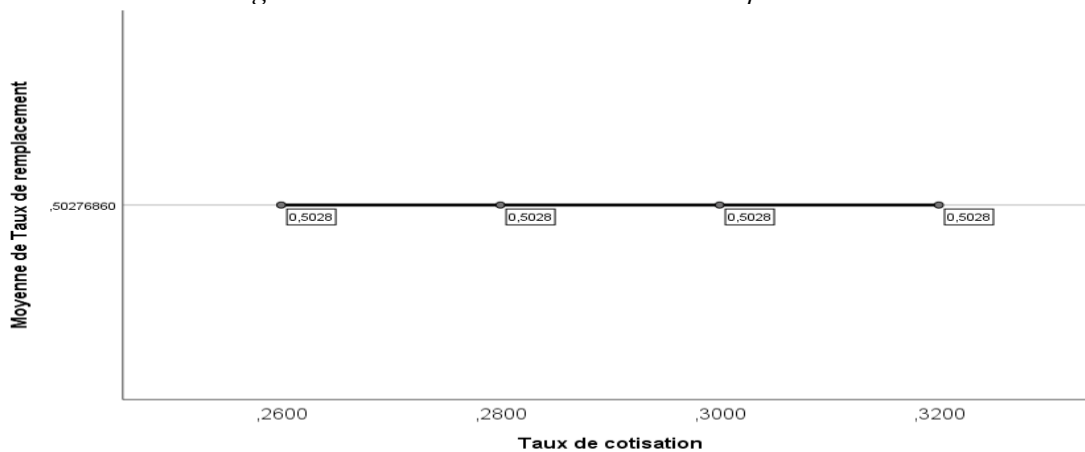


Figure 5 : Taux de cotisation vs taux de remplacement



La Figure 6 illustre l'impact du taux de revalorisation des salaires (3 %, 3,5 % et 4 %) sur le délai de récupération, tandis que la Figure 7 présente son effet sur le taux de récupération. Les résultats indiquent une diminution du délai de récupération, passant d'environ 12,8 ans à 11,5 ans, et une augmentation du taux de récupération, de 1,4 à 1,7. La Figure 8 met en évidence une légère diminution du taux de remplacement, traduisant l'effet d'une croissance salariale plus rapide sur le ratio pension/salaire.

Figure 6 : Revalorisation des salaires vs délai de récupération

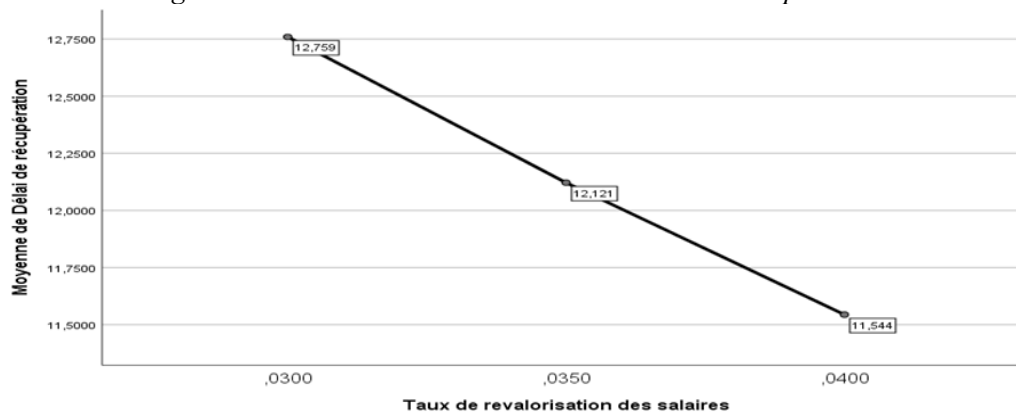


Figure 7 : Revalorisation des salaires vs taux de récupération

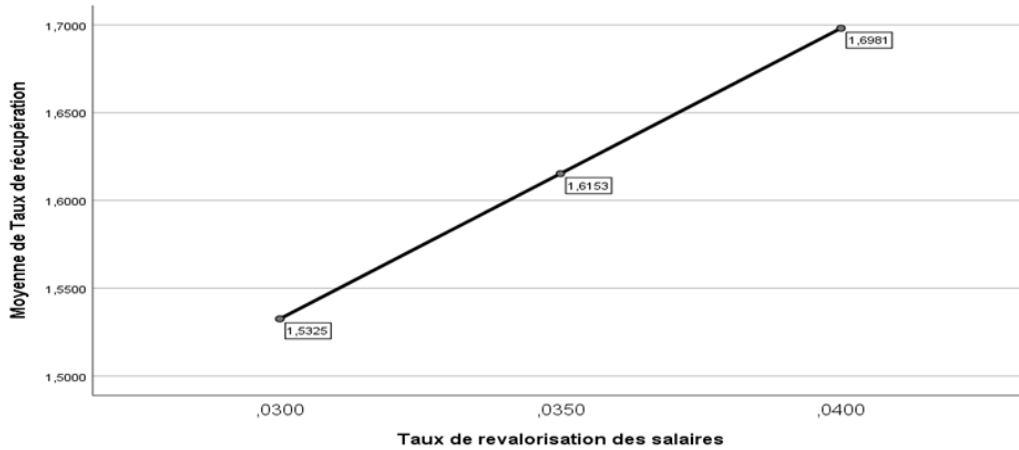
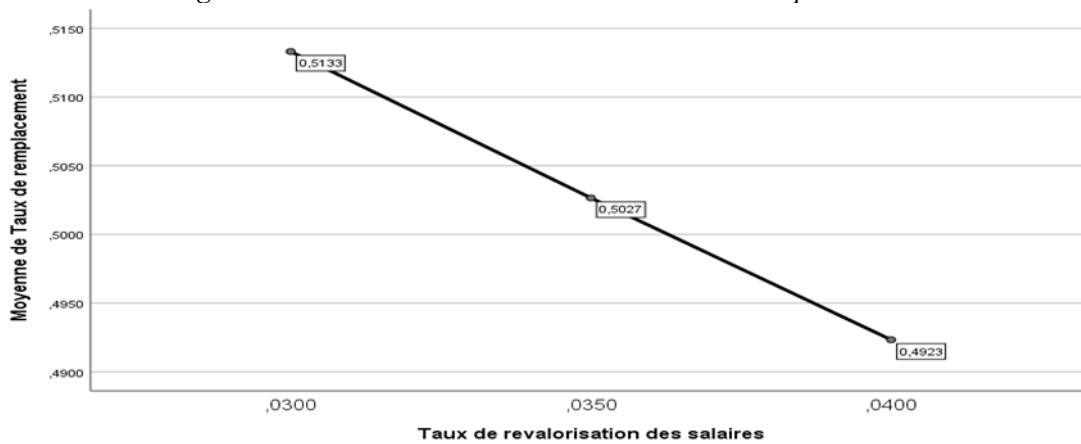


Figure 8 : Revalorisation des salaires vs taux de remplacement



Les Figures 9 à 11 présentent respectivement l'impact du taux de revalorisation des pensions (0 %, 1 % et 2 %) sur le délai de récupération, le taux de récupération et le taux de remplacement. Les résultats mettent en évidence un comportement non linéaire, avec un allongement du délai de récupération pour une revalorisation intermédiaire, suivi d'une légère correction à des niveaux plus élevés. Ces résultats soulignent la sensibilité de ce paramètre et la nécessité d'un calibrage précis afin d'éviter des déséquilibres financiers.

Figure 9 : Revalorisation des pensions vs taux de récupération

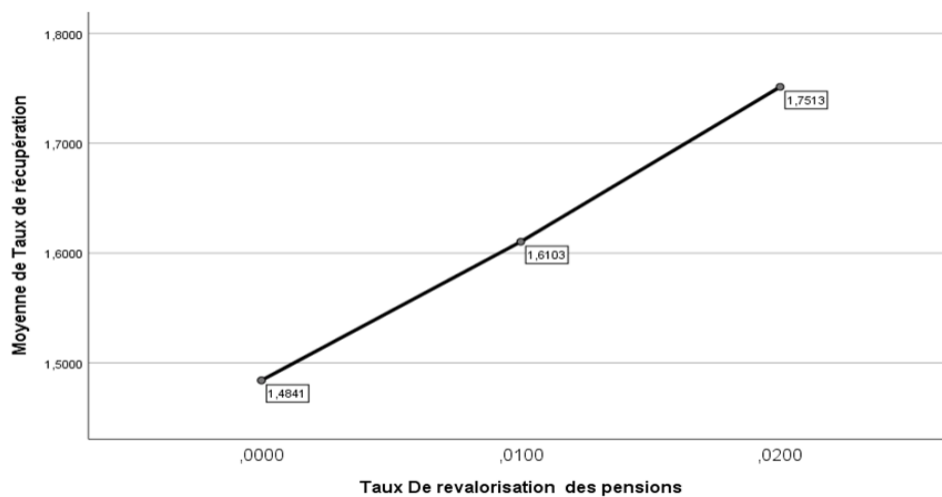
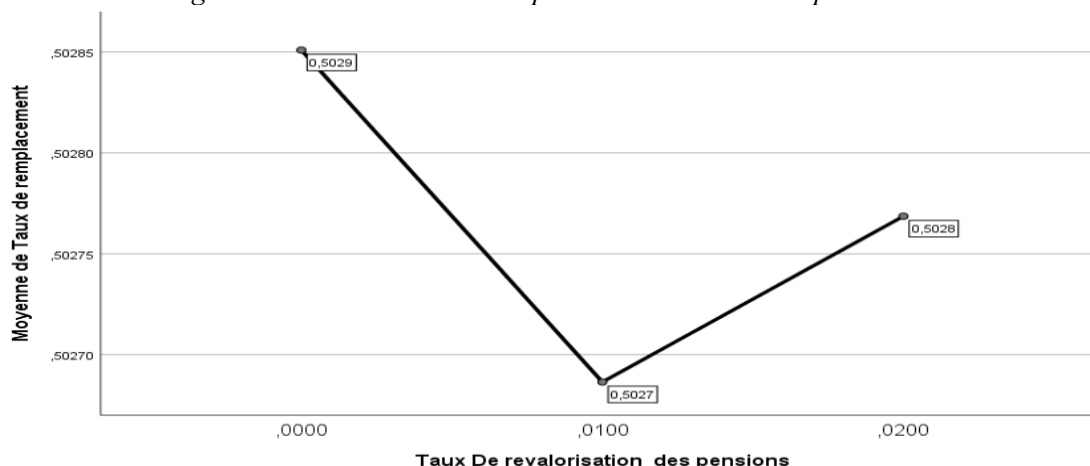


Figure 11 : Revalorisation des pensions vs taux de remplacement



Dans l'ensemble, l'analyse de sensibilité permet de hiérarchiser les paramètres du régime. Le taux d'annuité apparaît comme le paramètre dominant, suivi par l'âge de départ, tandis que les taux de cotisation et de revalorisation jouent un rôle d'ajustement. Les résultats statistiques issus de l'ANOVA confirment la significativité des écarts observés entre groupes de scénarios.

#### 4.2 Comparaison retraite à la limite d'âge vs retraite sur demande

L'analyse comparative entre la retraite à la limite d'âge et la retraite sur demande repose sur l'examen de scénarios représentatifs extraits de l'espace de simulation. L'objectif n'est pas ici d'identifier les configurations optimales — ce point fera l'objet de la section suivante — mais de proposer une lecture actuarielle détaillée des mécanismes à l'œuvre à partir de scénarios illustratifs, construits à paramètres comparables. Cette approche permet d'évaluer, de manière concrète, les arbitrages induits par le choix de la modalité de départ à la retraite.

Tableau 3 : Les résultats des ratios calculés

	Scénario	Modalité	Délai de récupération	Taux de récupération	Taux de remplacement
Scénarios de référence	S1098	LA	10,94	171%	57%
	S6570	SD	13,15	235%	38%
Effet de Taux de cotisation	S7864	SD	9,88	215%	53%
	S7867	SD	12,16	174%	53%
Effet de taux	S7794	SD	15,96	133%	38%
	S7902	SD	9,98	213%	60%

Dans un premier temps, deux scénarios de référence sont mobilisés afin d'isoler l'effet propre de la modalité de départ. Le scénario S1098, correspondant à une retraite à la limite d'âge, présente un délai de récupération de 10,94 années, un taux de récupération de 171 %, et un taux de remplacement de 57 %. À paramètres macro-actuariels comparables, le scénario S6570, associé à une retraite sur demande, se caractérise par un allongement du délai de récupération à 13,15 années, un taux de récupération nettement plus élevé (235 %), et un taux de remplacement plus faible (38 %).

Cette première comparaison met en évidence une opposition structurelle entre les deux modalités. La retraite à la limite d'âge offre un niveau de pension relativement plus élevé par rapport au dernier salaire, traduisant une meilleure continuité du niveau de vie à court terme. En revanche, la retraite sur demande implique un effort contributif cumulé plus important relativement à la première pension perçue, ce qui se traduit par un taux de récupération supérieur, mais au prix d'un délai de récupération sensiblement allongé. Autrement dit, la flexibilité offerte par la retraite sur demande s'accompagne d'un coût actuariel implicite, visible à travers la dégradation simultanée du taux de remplacement et du délai de récupération.

Dans un second temps, l'analyse se concentre sur l'effet du taux de cotisation, variable centrale du point de vue de la soutenabilité financière du régime. Deux scénarios de retraite sur demande sont mobilisés à des niveaux contrastés de cotisation. Le scénario S7864 affiche un délai de récupération de 9,88 années, un taux de récupération de 215 %, et un taux de remplacement de 53 %, tandis que le scénario S7867 présente un délai de récupération plus long (12,16 années), un taux de récupération plus faible (174 %), pour un taux de remplacement identique (53 %).

Ces résultats confirment que l'augmentation du taux de cotisation améliore significativement les indicateurs de soutenabilité intertemporelle, en réduisant le délai nécessaire pour récupérer l'effort contributif. En revanche, l'effet sur le

taux de remplacement apparaît limité, ce qui suggère que la cotisation agit principalement comme un levier de financement du régime plutôt que comme un instrument direct d'amélioration du niveau de pension relative. Cette dissociation entre soutenabilité financière et générosité du régime est un élément clé pour l'évaluation des politiques publiques.

Enfin, l'effet du taux d'annuité est analysé à travers deux scénarios contrastés de retraite sur demande. Le scénario S7794 se caractérise par un délai de récupération élevé (15,96 années), un taux de récupération relativement faible (133 %), et un taux de remplacement de 38 %. À l'opposé, le scénario S7902 présente un délai de récupération réduit (9,98 années), un taux de récupération de 213 %, et un taux de remplacement élevé (60 %).

Cette comparaison met en évidence le rôle central du taux d'annuité comme paramètre de générosité actuarielle. Une augmentation du taux d'annuité améliore fortement le taux de remplacement, renforçant l'adéquation de la pension au dernier salaire perçu. Toutefois, cette amélioration s'accompagne d'une modification profonde des équilibres financiers du régime, visible à travers l'évolution conjointe du taux et du délai de récupération. Le taux d'annuité apparaît ainsi comme un paramètre à fort pouvoir redistributif, mais également comme un levier potentiellement déstabilisant s'il n'est pas encadré par des contraintes de soutenabilité.

Le choix de concentrer l'analyse sur les effets du taux de cotisation et du taux d'annuité se justifie par leur rôle structurant dans la dynamique actuarielle du régime. Contrairement aux paramètres de revalorisation des salaires et des pensions, dont les effets apparaissent plus lissés et progressifs sur l'ensemble de la carrière, la cotisation et l'annuité induisent des ruptures nettes dans les équilibres financiers et distributifs. Ils constituent dès lors les principaux leviers de décision pour le régulateur, en particulier dans le contexte de l'introduction ou de l'extension de la retraite sur demande.

Dans l'ensemble, ces comparaisons illustrent clairement que la retraite sur demande ne constitue ni une amélioration systématique ni une détérioration uniforme des indicateurs actuariels, mais plutôt une reconfiguration des arbitrages entre niveau de pension, effort contributif et horizon de récupération. Les tableaux détaillés correspondant à l'ensemble des scénarios simulés sont présentés en annexe, afin de garantir la transparence et la reproductibilité de l'analyse.

Ces constats appellent, dans une étape ultérieure, à une identification formelle des configurations paramétriques les plus performantes au regard de critères explicites de soutenabilité et d'adéquation des pensions, ce qui constitue l'objet de la section suivante consacrée aux scénarios optimaux.

### 4.3 Identification des scénarios optimaux

L'identification des scénarios optimaux repose sur une exploitation fine des résultats issus des simulations paramétriques, en articulant explicitement les indicateurs actuariels observés aux critères d'optimalité définis précédemment. L'objectif n'est pas de sélectionner mécaniquement les scénarios affichant les valeurs extrêmes les plus favorables, mais d'identifier des configurations robustes, économiquement interprétables et cohérentes avec les principes de fonctionnement d'un régime de retraite contributif.

À partir de l'ensemble des scénarios simulés, une première étape de filtrage permet d'isoler les configurations satisfaisant simultanément les contraintes minimales de faisabilité actuarielle, à savoir un taux de remplacement supérieur ou égal à 50 %, un délai de récupération inférieur à 12 ans et un taux de récupération strictement supérieur à 150 %. Ces seuils, largement documentés dans la littérature actuarielle et en économie des retraites (Barr & Diamond, 2008 ; OECD, 2019), permettent d'écarter les scénarios générant soit un niveau de pension insuffisant, soit un horizon de récupération excessivement long, soit un rendement implicite peu incitatif pour l'assuré.

Récapitulatif des critères d'optimalité et seuils retenus

Tableau 4 : Récapitulatif des critères d'optimalité et seuils retenus

Indicateurs	Critère retenu	Justification théorique
Taux de remplacement	$\geq 50 \%$	Seuil minimal d'adéquation des pensions (OECD, 2019 ; Holzmann & Hinz, 2005)
Délai de récupération	$\leq 12$ ans	Cohérence intertemporelle et attractivité individuelle (Boado-Penas et al., 2016)
Taux de récupération	$\geq 150 \%$	Rendement actuariel incitatif et légitimité du système (Barr, 2012)

L'application de ces critères conduit à l'identification d'un noyau restreint de scénarios dominants pour chacune des deux modalités de départ à la retraite. **Pour la retraite à la limite d'âge**, les scénarios S132, S136 et S140 se distinguent nettement par leurs performances actuarielles. Ces scénarios présentent un délai de récupération identique de 7,11 années, traduisant une récupération relativement rapide de l'effort contributif. Le taux de remplacement atteint 76 %, un niveau sensiblement supérieur aux standards minimaux généralement retenus dans les comparaisons internationales, ce qui garantit une adéquation élevée entre le dernier salaire perçu et la première pension. Le taux de récupération varie quant à

lui entre 242 % et 286 %, selon le taux de revalorisation des pensions retenu (0 %, 1 % ou 2 %), illustrant de manière particulièrement claire le rôle de ce paramètre dans l'amélioration du rendement actuariel global, sans altérer ni le délai de récupération ni le taux de remplacement. Cette stabilité conjointe des indicateurs clés confère à ces scénarios un caractère robuste, suggérant que l'optimum n'est pas le produit d'une configuration isolée mais d'une zone de performance élevée au sein de l'espace des scénarios.

Tableau 5 : Scénarios optimaux et scénarios proches pour la retraite à la limite d'âge (LA)

Modalité	Scénario	Taux d'annuité	Taux de cotisation	Taux De revalorisation des pensions	Taux de revalorisation des salaires	Délai de récupération	Taux de récupération	Taux de remplacement
LA	S140	2,00%	26,00%	2,00%	4,00%	7,11	286%	76%
LA	S132	2,00%	26,00%	0,00%	4,00%	7,11	242%	76%
LA	S136	2,00%	26,00%	1,00%	4,00%	7,11	263%	76%

Pour la retraite sur demande, les scénarios S6900, S6904 et S6908 présentent des propriétés comparables, bien que marquées par les spécificités structurelles de cette modalité. Le délai de récupération s'établit à 7,42 années, soit un niveau légèrement supérieur à celui observé pour la retraite à la limite d'âge, traduisant l'impact mécanique d'un départ anticipé sur la durée de service et le volume de cotisations. Le taux de remplacement atteint 71 %, un niveau inférieur à celui observé pour la limite d'âge mais néanmoins compatible avec un maintien satisfaisant du niveau de vie à la retraite. En contrepartie, le taux de récupération atteint des niveaux particulièrement élevés, compris entre 261 % et 314 %, confirmant que **la retraite sur demande, bien que moins généreuse en termes de pension relative, offre un rendement actuariel supérieur. Cette configuration illustre un arbitrage central mis en évidence par l'analyse : la flexibilité accrue du départ se traduit par une baisse du taux de remplacement, compensée par une amélioration significative du rendement implicite des cotisations.**

Tableau 6 : Scénarios optimaux et scénarios proches pour la retraite sur demande (SD)

Modalité	Scénario	Taux d'annuité	Taux de cotisation	Taux De revalorisation des pensions	Taux de revalorisation des salaires	Délai de récupération	Taux de récupération	Taux de remplacement
SD	S6908	2,00%	26,00%	2,00%	4,00%	7,42	314%	71%
SD	S6900	2,00%	26,00%	0,00%	4,00%	7,42	261%	71%
SD	S6904	2,00%	26,00%	1,00%	4,00%	7,42	286%	71%

L'analyse comparative des scénarios optimaux met ainsi en évidence deux logiques distinctes mais cohérentes. La retraite à la limite d'âge se caractérise par une meilleure adéquation des pensions, associée à un rendement actuariel élevé mais plus modéré, tandis que la retraite sur demande privilégie un rendement implicite supérieur au détriment partiel du taux de remplacement. Dans les deux cas, le taux d'annuité et le taux de cotisation demeurent constants (2 % et 26 % respectivement), ce qui permet d'isoler clairement l'effet des mécanismes de revalorisation des pensions comme principal levier d'amélioration des performances actuarielles. Ce résultat constitue un apport analytique important, suggérant que les marges d'optimisation des régimes de retraite ne résident pas uniquement dans l'ajustement des paramètres contributifs, souvent politiquement sensibles, mais également dans la conception des règles d'indexation des prestations. Au total, l'identification des scénarios optimaux met en lumière des équilibres actuariels stables et économiquement interprétables, fondés sur des compromis explicites entre adéquation des pensions, rapidité de récupération et rendement implicite des cotisations. Le fait que plusieurs scénarios proches présentent des performances quasi équivalentes renforce la robustesse des résultats et conforte la pertinence des critères retenus. Les tableaux détaillant l'ensemble des scénarios admissibles et les distributions complètes des indicateurs sont présentés en annexe afin de garantir la transparence, la traçabilité et la reproductibilité de l'analyse.

## 5. Discussion et implications de politique publique

Les résultats issus de la modélisation actuarielle et des simulations de scénarios mettent en évidence que les choix relatifs aux modalités de départ à la retraite ne peuvent être appréhendés uniquement à travers une logique paramétrique ou budgétaire de court terme. Ils traduisent des arbitrages structurels entre soutenabilité financière du régime, adéquation des pensions servies et flexibilité offerte aux assurés en fin de carrière. L'analyse comparative entre la retraite à la limite d'âge et la retraite sur demande révèle que ces deux modalités ne poursuivent pas les mêmes objectifs implicites et qu'elles produisent des équilibres actuariels distincts, mais potentiellement complémentaires, au sein d'un même système de retraite.

La diversité des scénarios simulés montre que la performance globale du régime dépend moins d'un paramètre isolé que de la cohérence d'ensemble entre les taux de cotisation, les règles d'acquisition des droits et les mécanismes de revalorisation. En ce sens, la question centrale pour le décideur public n'est pas de déterminer quelle modalité est intrinsèquement supérieure, mais plutôt dans quelles conditions institutionnelles et paramétriques chacune d'elles peut contribuer à un équilibre soutenable et socialement acceptable. Cette approche permet de dépasser une opposition binaire entre âge légal et départ anticipé pour inscrire la réflexion dans une logique de pilotage actuariel du système.

### 5.1 Arbitrages entre soutenabilité et adéquation

L'analyse des résultats met en évidence un arbitrage clair entre soutenabilité financière et adéquation des pensions, qui se

manifeste différemment selon la modalité de départ à la retraite. Les scénarios associés à la retraite à la limite d'âge se caractérisent, en moyenne, par des taux de remplacement plus élevés et des délais de récupération plus courts. Cette configuration traduit une meilleure adéquation des pensions, au sens où le niveau de vie à la retraite est plus proche du revenu d'activité, tout en permettant une récupération relativement rapide de l'effort contributif. D'un point de vue actuariel, cette modalité repose sur l'allongement de la durée de cotisation, ce qui renforce mécaniquement la base de financement du régime et limite la pression sur les flux futurs de prestations.

Toutefois, cette performance repose implicitement sur l'hypothèse de carrières longues et relativement continues, ce qui peut introduire des inégalités entre assurés selon leurs trajectoires professionnelles. Dans un contexte marqué par une hétérogénéité croissante des parcours de carrière, la retraite à la limite d'âge, bien que favorable en termes d'équilibre financier, peut ainsi se heurter à des contraintes sociales et économiques, notamment pour les assurés exposés à des risques d'usure professionnelle ou de sortie précoce du marché du travail.

À l'inverse, les scénarios de retraite sur demande présentent des taux de récupération significativement plus élevés, traduisant un rendement implicite plus important des cotisations versées, mais au prix de taux de remplacement plus modérés et de délais de récupération généralement plus longs. Cette modalité introduit une forme de flexibilité individuelle, permettant aux assurés d'arbitrer entre niveau de pension et âge de départ. D'un point de vue macro-actuariel, elle peut contribuer à absorber certaines rigidités du marché du travail en fin de carrière, mais elle accroît également la sensibilité du régime aux choix individuels, ce qui rend nécessaire un encadrement strict des paramètres pour préserver la soutenabilité à long terme. Ces résultats suggèrent que la soutenabilité financière du régime ne peut être assurée par une seule modalité de départ, mais par une articulation raisonnée entre plusieurs options, chacune étant associée à des règles actuariellement cohérentes et à des incitations clairement définies.

## **5.2 La retraite sur demande doit-elle être encouragée ?**

La question de l'encouragement de la retraite sur demande ne peut être tranchée de manière normative sans référence explicite aux objectifs poursuivis par la politique publique de retraite. Les résultats de cette étude montrent que la retraite sur demande n'est ni intrinsèquement déséquilibrante, ni automatiquement favorable au régime. Son impact dépend étroitement des paramètres qui l'accompagnent et du profil des assurés qui y recourent. Lorsqu'elle est encadrée par des règles actuariellement neutres ou quasi neutres, la retraite sur demande peut constituer un instrument de flexibilité utile, sans compromettre l'équilibre financier global.

Toutefois, encourager de manière indiscriminée cette modalité comporterait des risques significatifs. Un recours massif à la retraite sur demande, en l'absence de mécanismes correcteurs adaptés, pourrait accroître les engagements futurs du régime et peser sur l'équité intergénérationnelle. À l'inverse, une interdiction ou une restriction excessive priverait le système d'un levier d'ajustement important face aux évolutions du marché du travail et aux préférences individuelles des assurés.

Les résultats empiriques suggèrent ainsi que la retraite sur demande ne doit pas être encouragée comme une alternative systématique à la retraite à la limite d'âge, mais comme une option ciblée, conditionnée à des critères actuariels précis. Parmi ces critères figurent notamment un niveau minimal de taux de remplacement garantissant une pension adéquate, un délai de récupération compatible avec les objectifs de soutenabilité du régime, et un taux de récupération reflétant un rendement implicite cohérent avec l'effort contributif consenti. Dans cette perspective, la retraite sur demande apparaît moins comme un instrument de politique sociale généralisée que comme un outil de gestion fine des fins de carrière, destiné à répondre à des situations spécifiques.

En définitive, l'analyse plaide en faveur d'une approche différenciée et pilotée de la retraite sur demande, intégrée dans une stratégie globale de réforme du système de retraite. L'État ne devrait pas chercher à opposer les modalités de départ, mais à les articuler autour d'objectifs clairement hiérarchisés, en s'appuyant sur des outils de simulation actuarielle permettant d'anticiper les effets de long terme des choix paramétriques. Cette approche renforcerait à la fois la crédibilité financière du régime et sa capacité à répondre aux mutations économiques et sociales.

## **6. Conclusion**

Cet article a proposé une analyse actuarielle approfondie des modalités de départ à la retraite à la limite d'âge et sur demande, en s'appuyant sur un dispositif de simulation étendu et une évaluation rigoureuse des principaux indicateurs de performance du régime. En mobilisant un large éventail de scénarios paramétriques et en intégrant simultanément les dimensions de soutenabilité financière et d'adéquation des pensions, l'étude a permis de dépasser une lecture strictement normative des règles de départ à la retraite pour adopter une approche fondée sur les équilibres économiques et actuariels de long terme.

Les résultats montrent que la retraite à la limite d'âge demeure, dans la majorité des configurations, la modalité la plus favorable en termes de taux de remplacement et de délais de récupération, traduisant une meilleure protection du niveau

de vie à la retraite et une contribution plus robuste à l'équilibre financier du régime. La retraite sur demande, quant à elle, se distingue par des taux de récupération plus élevés et une plus grande flexibilité individuelle, mais au prix d'une pension initiale plus modérée et d'une sensibilité accrue aux choix paramétriques. Cette modalité ne saurait donc être appréhendée comme une alternative généralisée, mais plutôt comme un instrument ciblé, à encadrer par des règles actuariellement cohérentes.

L'identification de scénarios optimaux et de scénarios proches de l'optimum a mis en évidence que la performance du régime ne repose pas sur un paramètre isolé, mais sur la cohérence d'ensemble des hypothèses retenues. Cette approche multi-critères permet d'introduire une logique de pilotage du système de retraite fondée sur des seuils explicites de performance, plutôt que sur des ajustements ponctuels dictés par des contraintes conjoncturelles.

Sur le plan des politiques publiques, les enseignements de cette recherche plaident en faveur d'une articulation raisonnée entre les différentes modalités de départ à la retraite. L'enjeu central n'est pas de privilégier systématiquement l'une au détriment de l'autre, mais de définir un cadre institutionnel dans lequel chaque modalité contribue à la fois à la soutenabilité financière du régime et à la satisfaction des objectifs sociaux. À ce titre, l'intégration d'outils de simulation actuarielle dans le processus de décision apparaît comme une condition essentielle pour renforcer la transparence, la crédibilité et l'efficacité des réformes futures.

Enfin, cette étude ouvre des perspectives de recherche importantes, notamment en intégrant des trajectoires de carrière plus hétérogènes, des comportements endogènes des assurés et des chocs macroéconomiques explicites. Ces prolongements permettraient d'enrichir encore l'analyse et de consolider le rôle de l'approche actuarielle comme outil central d'aide à la décision en matière de réforme des systèmes de retraite.

## Bibliographie

- Barr, N., & Diamond, P. (2008). *Reforming Pensions: Principles and Policy Choices*. Oxford University Press.
- Blake, D. (2006). *Pension Finance*. John Wiley & Sons.
- Bodie, Z., Marcus, A. J., & Merton, R. C. (1988). Defined benefit versus defined contribution pension plans: What are the real trade-offs? NBER Working Paper, No. 2492.
- Börsch-Supan, A. (2007). Rational pension reform. *Geneva Papers on Risk and Insurance*, 32(4), 430–446.
- Caisse Marocaine des Retraites (CMR). (2022). *Rapport annuel*. Rabat.
- Diamond, P. A. (2004). Social security. *American Economic Review*, 94(1), 1–24.
- Diamond, P. A. (2004). Social security. *American Economic Review*, 94(1), 1–24.
- Disney, R. (2000). Crises in public pension programmes in OECD: What are the reform options? *Economic Journal*, 110(461), F1–F23.
- Holzmann, R., & Hinz, R. (2005). *Old-Age Income Support in the 21st Century*. World Bank.
- Holzmann, R., Palmer, E., & Robalino, D. (2012). *Nonfinancial Defined Contribution Pension Schemes*. World Bank.
- International Labour Organization (ILO). (2017). *World Social Protection Report 2017–19*.
- OECD. (2019). *Pensions at a Glance 2019*. OECD Publishing.
- OECD. (2021). *Pensions at a Glance 2021*. OECD Publishing
- Samuelson, P. A. (1958). An exact consumption-loan model of interest. *Journal of Political Economy*, 66(6), 467–482.
- World Bank. (1994). *Averting the Old Age Crisis*. Oxford University Press.
- World Bank. (2020). *Pension Systems in the Middle East and North Africa*.
- Zouari, S., & Boulila, G. (2018). Sustainability of pension systems in developing countries. *Journal of Economic Policy Reform*, 21(3), 197–210.