

INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ÉTUDES ÉCONOMIQUES

*Série des documents de travail  
de la Direction des Etudes et Synthèses Économiques*

**G 2001 / 06**

**Départ à la retraite, irréversibilité  
et incertitude**

Ronan MAHIEU \*  
Béatrice SÉDILLOT \*\*

AVRIL 2001

---

\* Faisait partie du Département des Etudes Economiques d'ensemble au moment de la rédaction de ce document.

\*\* Département des Etudes Economiques d'Ensemble - Division « Redistribution et Politiques Sociales » Timbre G210 - 15, bd Gabriel Péri - BP 100 - 92244 MALAKOFF

## Départ à la retraite, irréversibilité et incertitude

### Résumé

L'objectif de ce papier est d'analyser les conséquences de l'irréversibilité du départ à la retraite sur les décisions d'activité après 60 ans. L'analyse théorique des choix irréversibles en environnement incertain montre en effet que, lorsque la liquidation des droits implique un retrait définitif du marché du travail, les individus tendent à différer leur départ pour se garder la possibilité de tirer avantage d'évolutions des préférences ou de l'environnement économique favorables à l'activité. Les simulations effectuées sur un échantillon d'individus, hétérogènes en termes de profil de carrière et d'âge d'entrée sur le marché du travail, illustrent ce résultat. Dans l'hypothèse où le système de retraite serait purement actuariel, l'irréversibilité de la décision de départ à la retraite tend à accroître les taux d'activité au début de la période au cours de laquelle la liquidation des droits est autorisée. Les taux d'activité aux âges élevés sont en revanche plus faibles que dans la situation où un retour sur le marché du travail reste possible. De plus, en présence d'irréversibilité, les taux d'activité tendent à s'accroître à mesure que l'incertitude augmente. Les simulations montrent toutefois que l'ampleur de cet effet dépend fortement de la nature des barèmes de retraite. Si une hausse de l'incertitude a un impact assez important avec des barèmes purement actuariels, il est nettement moins sensible avec les règles actuelles qui contraignent fortement les choix individuels.

**Mots-clés** : irréversibilité, départ à la retraite, systèmes de retraite

## Retirement decision under uncertainty: the role of irreversibility

### Abstract

The purpose of this paper is to analyze the effect of the irreversibility of the retirement decision on labour supply after 60. According to the theory, when the retirement decision is an absorbing state, people tend to remain longer on the labour market to be able to benefit from changes in preferences or economic environment favourable to participation. Simulations performed on a sample of individuals with heterogeneous careers illustrate this result. When pensions schemes are actuarially fair, the irreversibility of the retirement decision leads to higher participation rates in the first years when retirement is allowed. Moreover labour supply around 60 increases with uncertainty. Simulations show that the impact of an increase in uncertainty on participation rates highly depends on the pension schemes. Whereas the effect is sensitive with actuarially fair systems, it is almost insignificant in the French institutional setting where individual choices are highly constrained by the rules.

**Keywords**: Irreversibility, Retirement Decision, Pension Schemes

**Classification JEL** : H55, J26

## Introduction

L'analyse théorique des choix irréversibles en environnement incertain a connu un regain d'intérêt au cours des années récentes avec la mobilisation, dans l'étude de la sphère réelle, des techniques empruntées au domaine de la finance. Alors que les situations d'irréversibilité « forte » avaient trouvé un large écho dans la théorie des ressources non renouvelables (Henry 1974), les développements récents ont porté, en particulier, sur la prise en compte de l'incertitude dans la décision d'investissement (Dixit-Pindyck 1994). Le principal apport de ces analyses est de montrer que lorsque les choix induisent des coûts irrécupérables, il peut être profitable d'attendre car chaque instant écoulé apporte des informations nouvelles sur les états futurs (Bourdieu *et al.* 1997). L'irréversibilité est, à des degrés divers, partagée par une large classe de phénomènes économiques pour lesquels les concepts introduits par la théorie des options réelles peuvent avec profit être mobilisés.

Le choix de départ à la retraite est un bon exemple de décision marquée par une forte irréversibilité. Ainsi, dans le contexte institutionnel français, le passage à la retraite implique généralement un retrait définitif du marché du travail. En effet, la liquidation des droits à l'assurance vieillesse requiert, pour le Régime Général comme pour les régimes complémentaires, la cessation de l'activité professionnelle en cours (cf. encadré 1). Si, dans le Régime Général, le salarié garde la possibilité de retravailler ultérieurement chez un autre employeur, cette situation est peu fréquente compte tenu des difficultés actuelles d'insertion des travailleurs âgés sur le marché du travail<sup>1</sup>. Enfin, la reprise d'emploi postérieurement à la liquidation n'ouvre aucun droit à pension supplémentaire.

Même dans des pays tels que les Etats-Unis où le cumul emploi-retraite est davantage envisageable, les personnes sont faiblement incitées à reprendre (ou conserver) un emploi à temps plein après la liquidation de leur pension, ce qui confère à la décision de départ un caractère largement irréversible. En effet, si la liquidation des droits à pension au titre de la *Social Security*<sup>2</sup> ne s'accompagne d'aucune obligation de cessation d'activité, le montant de la pension est modulé en fonction des revenus salariaux du cumulants : tant que ses revenus d'activité n'excèdent pas un plafond (dont le montant annuel en 1999 était de 10 080\$), l'individu ne subit aucune réduction de sa pension. En revanche, la part de ses revenus salariaux qui excède ce plafond est taxée à hauteur de 50 % s'il a moins de 65 ans<sup>3</sup>. Dans la mesure où le niveau de la pension (avant taxe) est déterminé de façon actuarielle (baisse de 6,7% par année manquant pour atteindre l'âge de 65 ans), le gain à cumuler emploi et retraite pour un individu taxé est faible<sup>4</sup>. De fait, les situations de cumul concernent essentiellement les personnes qui reprennent une activité à temps partiel postérieurement à la liquidation (Stock et Wise, 1990).

Considérer le départ à la retraite comme un retrait irréversible du marché du travail a une implication importante sur le comportement des salariés quand l'environnement est incertain : l'incapacité à revenir ultérieurement sur sa décision accroît l'impact des choix présents sur le bien-être futur et devrait inciter à différer plus fréquemment la décision de liquidation. En effet, l'attente est davantage valorisée en ce qu'elle permet de mettre à

---

<sup>1</sup> Le dispositif de retraite progressive, qui autorise depuis 1988 le cumul d'un emploi à temps partiel et d'une fraction de la pension pour les salariés du secteur privé, reste pour sa part très marginal (environ 1000 bénéficiaires en 1998) (Taddéi 2000).

<sup>2</sup> Il s'agit de la retraite de base obligatoire financée presque exclusivement par des cotisations sociales (11% des ressources proviennent des intérêts perçus sur les placements des excédents en titres spéciaux du Trésor). Celle-ci peut être versée à partir de 62 ans et constitue encore aujourd'hui l'essentiel des revenus de nombreux retraités américains.

<sup>3</sup> Avant avril 2000, un abattement de 33% était également appliqué sur la part des revenus salariaux excédant 17 000\$ lorsque le salarié avait entre 65 et 69 ans.

<sup>4</sup> Par exemple, un individu percevant un salaire moyen ou élevé et prévoyant de travailler jusqu'à 65 ans n'a aucun intérêt à liquider sa retraite de façon anticipée : la somme actualisée des prestations ne serait pas augmentée en raison du caractère actuariel du barème ; plus encore, elle serait réduite par la taxe prélevée, pendant les années de cumul, sur la part du salaire excédant le plafond.

profit les événements favorables (hausse des salaires ou baisse de la désutilité du travail rendant plus profitable le maintien sur le marché du travail) tandis que les événements défavorables peuvent être partiellement auto-assurés par un retrait futur de l'activité (Bommier *et al.* 2000). L'irréversibilité de la liquidation des droits à pension donne ainsi une valeur à l'attente, d'autant plus importante que l'incertitude est forte.

L'objectif de ce papier est de mettre en évidence les conséquences de l'irréversibilité sur les décisions d'activité après 60 ans en environnement incertain. On cherche ainsi à évaluer la valeur d'option liée à l'irréversibilité du départ à la retraite, en comparant la valeur liée au maintien sur le marché du travail à 60 ans selon que la liquidation des droits est irréversible ou non. Dans l'hypothèse où le système de retraite serait purement actuariel, on compare la distribution des taux d'activité entre 60 et 64 ans avec ou sans irréversibilité, selon divers degrés d'incertitude sur l'environnement économique. Enfin, on analyse l'effet de l'incertitude sur la décision de liquidation avec les barèmes actuels pour les salariés du Régime Général.

On privilégie pour cela un modèle dynamique de choix discrets dans lequel la cessation d'activité et la liquidation des droits à pension s'opèrent simultanément. Cette modélisation, centrée sur l'offre de travail, ne prend qu'indirectement en compte les contraintes d'emploi des travailleurs âgés : alors que celles-ci sont partiellement intégrées dans l'hypothèse d'irréversibilité du retrait du marché du travail suite à la liquidation de la pension, elles sont en revanche négligées dans la modélisation des fins de carrière.

Le choix de lier cessation d'activité et liquidation des droits mérite d'être discuté. En effet, dans le cas français, un retrait du marché du travail dans les années qui précèdent le départ à la retraite est fréquent : l'analyse des trajectoires de fin de carrière montre que parmi les salariés du secteur privé encore actifs à 55 ans et appartenant aux générations les plus récemment parties à la retraite, moins de la moitié transitent directement de l'emploi à la retraite (Colin *et al.* 2000 ; Burricand et Roth 2000). Pour les autres, le versement des prestations d'assurance vieillesse est le plus souvent précédé de périodes de chômage indemnisé ou de préretraite (en général financées par l'Etat ou l'UNEDIC). L'existence d'un intervalle entre cessation d'activité et départ à la retraite traduit essentiellement ici les difficultés rencontrées par les salariés âgés sur le marché du travail, ce que confirme au demeurant le comportement des fonctionnaires qui ne sont pas soumis à ce risque de fin de carrière : dans l'immense majorité des cas, la cessation d'activité précède immédiatement la liquidation des droits<sup>5</sup>. La prise en compte de retraits anticipés du marché du travail compliquerait toutefois fortement la modélisation et est de ce fait exclue ici. En effet, il serait nécessaire de modéliser explicitement les états de préretraite et de chômage qui ont des caractéristiques « hybrides » du point de vue de l'arbitrage consommation/loisir : d'une part, ils permettent une consommation supplémentaire de loisir à l'instar des situations de pure inactivité ; d'autre part, sur le plan des droits à retraite, ils s'apparentent largement à des périodes d'activité, en procurant aux salariés un revenu de remplacement qui permet l'acquisition de droits à pension.

Un traitement rigoureux des choix de départ à la retraite en présence d'irréversibilité et d'incertitude nous conduit par ailleurs à privilégier une approche en termes de valorisation d'option issue des méthodes de programmation dynamique. Notre approche diffère donc de celle de Stock et Wise (1990) qui supposent la cessation d'activité irréversible mais adoptent un critère simplifié pour le choix de départ à la retraite.

Le papier est organisé de la façon suivante. Une première section donne un bref aperçu des modèles théoriques de choix de départ à la retraite. Une deuxième section explicite plus précisément la valeur d'option associée à l'irréversibilité du choix de départ en

---

<sup>5</sup> Une disjonction des décisions de cessation d'activité et de liquidation serait pourtant possible dans une pure optique de cycle de vie : les agents peuvent souhaiter consommer davantage de loisir en finançant la transition entre l'activité rémunérée et la période de versement des prestations d'assurance vieillesse par l'épargne accumulée.

retraite. Enfin, une troisième section cherche à apprécier l'importance empirique de cette valeur d'option à partir de simulations des choix d'activité après 60 ans, avec et sans irréversibilité, pour divers degrés d'incertitude. La sensibilité des résultats à la nature plus ou moins actuarielle des barèmes est ensuite analysée.

**Encadré 1 :**

**Liquidation des droits à pension, cessation d'activité  
et cumul emploi-retraite dans le contexte institutionnel français**

La loi institue un principe de cessation d'activité comme préalable à la liquidation des droits au régime de base pour les salariés : l'individu doit produire une attestation de cessation d'activité signée par son employeur. Ce principe souffre toutefois certaines exceptions que l'on peut résumer comme suit :

- lorsqu'une personne exerce, au moment de la demande de liquidation de ses droits, simultanément une activité salariée et une activité non-salariée dans un régime dit « non-aligné » où l'âge de liquidation des droits est supérieur à 60 ans (cas des exploitants agricoles et des professions libérales), la poursuite de l'activité non-salariée est dans certains cas possibles. Les salariés exerçant une activité professionnelle à l'étranger sont également dispensés de l'obligation de cessation d'activité ;
- les activités bénévoles ou procurant une rémunération annuelle brute inférieure au SMIC calculé sur une base de 676 heures annuelles ne sont pas soumises à cette règle de cessation ;
- certaines activités dérogent au principe de cessation en raison de leur nature : garde d'enfants, concierges (plus généralement les personnes logées par leur employeur), activités littéraires ou scientifiques exercées à titre accessoire, activités artistiques, consultations à titre occasionnel, etc.

Par ailleurs, le principe de cessation d'activité n'implique pas l'interdiction de reprendre une activité, à la condition toutefois qu'elle ne s'exerce pas auprès du même employeur. Le cumul de la rémunération de l'activité salariée avec la pension de retraite de base est alors possible. En revanche, les conditions de cumul des revenus salariaux avec les prestations des régimes de retraite complémentaire (ARRCO et AGIRC) sont assez strictes : en règle générale, le versement de la pension est suspendu ou tout au moins minoré en fonction du montant des revenus tirés de la nouvelle activité. Par ailleurs, la reprise d'une activité après la liquidation de la pension ne procure aucun droit à pension supplémentaire (contrepartie, en règle générale, d'une exonération des cotisations sociales salariales à l'assurance vieillesse).



## Le départ à la retraite : bref aperçu des modèles théoriques

La plupart des modèles de choix de départ à la retraite font l'hypothèse qu'il s'agit d'une décision individuelle qui repose sur la comparaison, sur le cycle de vie, de l'utilité que procurerait la liquidation des droits aux différentes dates possibles. Cette approche en termes d'offre de travail suppose implicitement que les choix ne sont pas contraints par la demande de travail.

Une autre limitation commune à la plupart des modèles existants est de supposer que l'individu est l'unité d'analyse pertinente. En théorie, la décision de départ à la retraite devrait s'analyser au niveau du ménage. Il est en effet vraisemblable que la liquidation des droits dépend étroitement de la situation professionnelle et des revenus du conjoint, notamment pour les femmes au foyer. Toutefois introduire le conjoint complique considérablement la résolution numérique des modèles, ce qui explique que les études empiriques se concentrent généralement sur les décisions des chefs de ménage.

Il existe une grande variété de modèles de départ à la retraite qui diffèrent principalement par la spécification des anticipations des agents concernant l'incertitude sur l'environnement, par le traitement de l'arbitrage consommation/épargne et par la nature de l'irréversibilité affectant la décision de départ à la retraite (disjonction ou non des décisions de cessation d'activité et de liquidation des pensions).

Un premier type de modèle (Crawford et Lilien 1981 ; Burtless 1986 ; Gustman et Steinmeier 1986) suppose que les individus ont une information parfaite sur l'évolution future de leurs salaires et de leurs droits à pension. Les agents maximisent leur utilité sous une contrainte budgétaire intertemporelle non linéaire et déterminent simultanément le profil de consommation et l'âge de départ optimaux (la cessation d'activité et la liquidation des droits sont ici des décisions jointes).

### ***Modèles de choix dynamiques en univers incertain***

Un autre courant de recherche relâche l'hypothèse d'information parfaite sur les préférences ou les flux futurs de revenus. L'individu révisé alors période après période ses anticipations en fonction des informations dont il dispose. La résolution rigoureuse de ces modèles repose sur les techniques de programmation dynamique dont la formulation générale est ancienne (Bellman, 1957). La première application explicite de ces modèles aux comportements individuels face à la retraite est due à Rust (1989). Ce dernier propose un modèle dans lequel les variables de choix portent non seulement sur la participation au marché du travail et la liquidation des droits à pension (variables discrètes), mais aussi sur le niveau de consommation (variable continue) à chaque période. Rust et Phelan (1997) proposent une estimation partielle du modèle de Rust dans laquelle ils contraignent la consommation à être égale au revenu courant.

La règle optimale de décision de l'agent à chaque période peut être formulée de façon assez générale en explicitant les équations de Bellman. Le programme d'optimisation consiste en effet à maximiser, à chaque période, l'espérance de la somme actualisée sur la durée de vie des fonctions d'utilité instantanées  $u_j$  :

$$V_t(s_t) = \text{Max}_\delta E_\delta \left\{ \sum_{j=t}^T \beta^{j-t} u_j(s_j, d_j) \mid s_t = s \right\}$$

avec :

$\beta$  facteur d'escompte psychologique

$u_j$  fonction d'utilité à la date j

$s_j$  variables d'état connues à la date j et arguments de la décision de l'agent à cette date.  $\delta = (\delta_0, \dots, \delta_T)$  la règle de décision optimale telle que  $d_t = \delta_t(s_t)$  définit le choix optimal, à la date t, conditionnellement à la réalisation de l'état  $s_t$ .

La fonction  $V_t$  désigne l'utilité intertemporelle indirecte de l'agent et est communément appelée fonction valeur.

Si l'agent prend à la date t la décision  $d_t$ , son utilité évaluée à t s'écrit :

$$u_t(s_t, d_t) + \beta E_t[V_{t+1}(s_{t+1})|s_t, d_t]$$

La fonction valeur à la date t est le maximum de cette expression évalué sur l'ensemble des décisions possibles. La fonction valeur vérifie donc une équation de Bellman définie par :

$$V_t(s_t) = \underset{d_t}{\text{Max}} \{ u_t(s_t, d_t) + \beta E_t[V_{t+1}(s_{t+1})|s_t, d_t] \}$$

Le problème peut alors être résolu récursivement puisque, connaissant la fonction valeur attendue  $V_{t+1}$  à la date t+1, on en déduit aisément la fonction valeur  $V_t$  et la décision optimale  $d_t$  correspondante :

$$V_t(s_t) = \underset{d_t}{\text{Max}} \left[ u_t(s_t, d_t) + \beta \int V_{t+1}(s_{t+1}) dp_t(s_{t+1}|s_t, d_t) \right]$$

où  $p_t$  est la densité de probabilité de la distribution des variables d'état en t+1 conditionnellement à leur distribution à la date t et à la décision prise à cette date.

### ***Liquidation des droits à pension et retrait du marché du travail***

Une partie des modèles estimés sur données américaines suppose que les individus peuvent liquider leur droits à pension (au titre de la *Social Security* notamment) tout en restant sur le marché du travail (Gustman-Steinmeier 1986, Rust-Phelan 1997). La liquidation des droits est modélisée comme une décision irréversible dans le sens où le montant de la pension est calculé une fois pour toutes sur la base des droits acquis au moment de la liquidation (la pension est ensuite maintenue constante en terme nominal). La cessation d'activité n'est en revanche pas imposée : les comportements d'offre de travail sont modélisés comme des transitions entre trois états discrets possibles (activité salariée à plein temps, activité à temps partiel et inactivité) et les revenus perçus sont la somme des salaires et, le cas échéant, des retraites versés par la *Social Security* et les fonds de pensions.

D'autres modèles supposent au contraire que la liquidation des droits à la retraite s'accompagne d'un retrait définitif du marché du travail (Stock-Wise 1990). Cessation d'activité et liquidation de la pension sont donc deux décisions simultanées modélisées comme un état « absorbant ». Cette représentation trouve sa justification dans le cas américain par la très faible proportion de gens qui retournent ou continuent à travailler dans la firme dans laquelle ils ont liquidé leurs droits à pension (même s'il n'est pas rare de poursuivre une activité à temps partiel tout en touchant une pension). Dans le cas



français, cette hypothèse semble encore plus pertinente, les cumuls emploi-retraite étant rares.

Comme l'a montré la théorie des options réelles appliquée au choix d'investissement, l'irréversibilité conduit en environnement incertain à valoriser davantage l'attente car celle-ci laisse ouverte la possibilité de mieux tirer parti des informations nouvelles que l'avenir apporte : le rendement requis pour investir s'accroît donc en présence d'irréversibilité (Dixit-Pindyck 1994). Cette valorisation de l'attente se retrouve également lorsque la liquidation des droits est un choix irréversible tant du point de vue du calcul de la pension que du retrait du marché du travail. En effet, en différant sa cessation d'activité, l'individu conserve l'option de rester ultérieurement sur le marché du travail, au cas où l'évolution de l'environnement économique (choc favorable sur le salaire notamment) ou de ses préférences (valorisation plus forte de la consommation relativement au loisir) rendrait la poursuite de l'activité plus attractive. Le gain à rester intègre en fait ici les deux effets favorables de la poursuite de l'activité : le premier en terme de revenu perçu ; le second en terme d'accroissement des droits à pension.

Le modèle de programmation dynamique de Rust-Phelan se place dans un contexte d'irréversibilité partielle puisque l'irréversibilité ne porte que sur la décision de liquidation et non sur la cessation d'activité. Pour sa part, le modèle de Stock et Wise (1990), qui considère l'irréversibilité du double point de vue de la liquidation des droits et de la cessation d'activité ne peut fournir une évaluation satisfaisante de la valeur d'option liée à l'irréversibilité. En effet, ce modèle propose une résolution simplifiée de la modélisation dynamique du comportement en substituant aux équations de Bellman un critère de maximisation des utilités espérées qui conduit à sous-estimer la valeur d'option. Ce critère implique que l'individu évalue, à la date  $i=0$ , l'utilité que lui procure en espérance le départ à chaque date  $i>0$ , conditionnellement à ses anticipations à la date  $i=0$  concernant les réalisations futures des variables d'état. Il prend la décision de différer son départ si la valeur maximale de ces espérances excède l'utilité à partir immédiatement (Cazals 1994). Cette modélisation est restrictive car elle revient à supposer que l'individu ignore, en  $i=0$ , qu'aux dates ultérieures ( $i>0$ ) il sera amené à réviser ses anticipations en fonction de l'information qu'il aura reçue entre les deux dates et qu'il évaluera donc différemment le gain à différer son départ. Ce critère élimine ainsi les stratégies contingentes à la réalisation de certains événements futurs, ce qui a pour conséquence de sous-estimer la valeur de l'attente (c.à.d. le gain à rester sur le marché du travail) (Bommier *et al.* 2000).

L'écriture des équations de Bellman permet en revanche d'explicitier le gain lié à l'attente en présence d'irréversibilité. Pour évaluer la valeur d'option induite par la double irréversibilité de la liquidation des droits et de la cessation d'activité, il est nécessaire de comparer la valeur à différer la liquidation sous cette hypothèse avec celle obtenue en l'absence d'irréversibilité.



## La valeur d'option liée à l'irréversibilité

La plupart des modèles de départ à la retraite adoptent la spécification assez générale suivante pour les préférences des agents : la fonction d'utilité monopériode comporte deux arguments, la consommation et le loisir et est strictement croissante, additivement séparable dans la consommation et le loisir, et deux fois différentiable, de sorte qu'elle peut s'écrire :

$$u_t = U(C(t)) + B(L(t))$$

avec  $U'(C(t)) > 0$  et  $U''(C(t)) < 0, \forall C(t)$ .

On suppose, pour simplifier, que le nombre d'heures de travail fournies avant la retraite est fixé de façon institutionnelle et correspond à une activité à temps plein. Pour évaluer la désutilité du travail, on utilise la normalisation  $B(L_w) = -\xi$  et  $B(L_r) = 0$  où  $L_w$  et  $L_r$  désignent respectivement les niveaux de loisir quand l'individu travaille et quand il est à la retraite. Le paramètre  $\xi$ , supposé indépendant du temps<sup>6</sup>, fournit une mesure de la préférence pour le loisir de l'individu.

On suppose ici, à l'instar de Stock-Wise 1990 ou Rust-Phelan 1997, qu'il n'y a pas de lissage intertemporel de la consommation (le revenu est donc intégralement consommé) et on considère une utilité dérivée de la consommation de type CRRA. La fonction d'utilité instantanée s'écrit donc :

$$u(Y, A) = \frac{Y^{1-\gamma}}{1-\gamma} - \xi A$$

où  $Y$  est le revenu,  $\gamma$  l'aversion relative pour le risque,  $A$  une variable dummy égale à 1 si l'individu reste sur le marché du travail et  $\xi$  le paramètre de désutilité du travail (ou de préférence pour le loisir).

### **Valorisation du départ à la retraite en présence d'irréversibilité et d'incertitude**

L'hypothèse d'irréversibilité consiste ici à supposer que la liquidation des droits à la retraite implique la cessation définitive de l'activité. La variable de décision, à la date  $t$ ,  $d_t = \delta_t(s_t)$  consiste donc, pour tout individu encore présent sur le marché du travail et éligible à la retraite à faire le choix optimal de poursuite ou de cessation de l'activité, conditionnellement à la réalisation de l'état  $s_t$ .

À la date  $t$ , le revenu  $Y_t$  est constitué d'un revenu exogène supposé constant  $Y_0$  et d'un revenu « d'activité » égal au salaire, si l'individu occupe un emploi ; au montant de la pension si l'individu est à la retraite :

$$\begin{cases} Y_t = Y_0 + w(s_t, t) \dots si d_t = w \\ Y_t = Y_0 + P(s_t, t) \dots si d_t = r \end{cases}$$

<sup>6</sup> Une extension naturelle du modèle consisterait à supposer  $\xi$  croissant avec l'âge.

où  $d_t$  est la décision d'activité ( $d_t = w$ ) ou d'inactivité ( $d_t = r$ ) que l'individu prend à la date  $t$ ,  $s_t$  un ensemble de variables d'état qui comprend notamment les caractéristiques de l'individu à la date  $t$  susceptibles d'influer sur le niveau de sa pension ou de son salaire (expérience, nombre de trimestres validés à l'assurance vieillesse, carrière passée...).

Pour évaluer le gain pour l'individu à rester sur le marché du travail en  $t$ , on peut considérer successivement la valeur associée à la décision de différer son départ à la retraite et la valeur associée à la liquidation immédiate des droits à pension<sup>7</sup>.

La première s'écrit :

$$V_w^I(s_t, t) = u_t(Y_0 + w(s_t, t), 1) + \beta E_t \text{Max}((V_w^I(s_{t+1}, t+1), V_r^I(s_{t+1}, t+1)) / s_t, d_t = w)$$

où  $E$  est l'opérateur d'espérance et  $\beta$  un facteur d'actualisation.

La seconde s'écrit plus simplement du fait de l'irréversibilité de la décision de départ à la retraite :

$$V_r^I(s_t, t) = u_t(Y_0 + P(s_t, t), 0) + \beta E_t (V_r^I(s_{t+1}, t+1) / s_t, d_t = r).$$

Le gain que l'individu trouve à continuer à travailler à la date  $t$  plutôt qu'à liquider s'écrit donc :

$$\begin{aligned} V_w^I(s_t, t) - V_r^I(s_t, t) &= \frac{[Y_0 + w(s_t, t)]^{1-\gamma}}{1-\gamma} - \xi_t - \frac{[Y_0 + P(s_t, t)]^{1-\gamma}}{1-\gamma} \\ &+ \beta [E_t \text{Max}(V_w^I(s_{t+1}, t+1), V_r^I(s_{t+1}, t+1)) / s_t, d_t = w) - E_t (V_r^I(s_{t+1}, t+1) / s_t, d_t = r)] \end{aligned}$$

soit :

$$\begin{aligned} V_w^I(s_t, t) - V_r^I(s_t, t) &= \frac{[Y_0 + w(s_t, t)]^{1-\gamma}}{1-\gamma} - \xi_t - \frac{[Y_0 + P(s_t, t)]^{1-\gamma}}{1-\gamma} \\ &+ \beta \left[ E_t \text{Max}((V_w^I(s_{t+1}, t+1) - V_r^I(s_{t+1}, t+1), 0) / s_t, d_t = w) \right. \\ &\left. + E_t (V_r^I(s_{t+1}, t+1) / s_t, d_t = w) - E_t (V_r^I(s_{t+1}, t+1) / s_t, d_t = r) \right] \end{aligned}$$

Cette expression peut se décomposer en deux termes :

- Le premier terme :

$$\frac{[Y_0 + w(s_t, t)]^{1-\gamma}}{1-\gamma} - \xi_t - \frac{[Y_0 + P(s_t, t)]^{1-\gamma}}{1-\gamma} + \beta (E_t (V_r^I(s_{t+1}, t+1) / s_t, d_t = w) - E_t (V_r^I(s_{t+1}, t+1) / s_t, d_t = r))$$

mesure le gain du décalage d'un an exactement de l'âge de liquidation. Ce terme est la somme des gains courants liés à la non liquidation (salaire plus élevé que la retraite mais renoncement au loisir) et des gains futurs en terme de pension liés au report d'un an de l'âge de liquidation.

<sup>7</sup> Une décomposition analogue est utilisée par Magnac-Thesmar (1999) pour modéliser la décision, considérée comme irréversible, d'arrêter ses études.

- Le second terme :

$\beta E_t \text{Max}((V_w^I(s_{t+1}, t+1) - V_r^I(s_{t+1}, t+1), 0) / s_t, d_t = w)$  mesure la valeur liée à la possibilité, en cas de report aujourd'hui, de différer de nouveau la liquidation à la période suivante si cela s'avère optimal.

Cette dernière valeur intègre *a priori* en deux composantes que l'on ne peut séparer analytiquement :

- la première, de nature déterministe, est liée au fait qu'il existe un âge optimal de départ à la retraite, qui dépend à la fois des préférences individuelles (pour le loisir par exemple) et des règles définissant le montant de la pension (celle-ci est croissante avec l'âge de liquidation mais de façon généralement non actuarielle). Avec les barèmes actuels, cette composante déterministe est particulièrement forte pour les salariés du Régime Général qui ne peuvent bénéficier du taux plein : dans la mesure où les pénalités en cas de liquidation en deçà du taux plein sont supérieures à 10 % (encadré 3), les salariés ayant eu des carrières courtes trouvent généralement intérêt à attendre 65 ans (soit l'âge d'obtention du taux plein) pour liquider leurs droits, et cela indépendamment de l'incertitude affectant l'environnement.
- la seconde est directement liée à la prise en compte de l'incertitude. Celle-ci conduit à valoriser l'information nouvelle que l'avenir peut apporter sur les paramètres influençant l'arbitrage entre travail et retraite.

Cette décomposition implicite entre partie déterministe et partie liée à l'incertitude, est présente dans la plupart des modèles d'option réelle dès lors que la composante déterministe du paramètre d'intérêt évolue au cours du temps. Ainsi, dans le modèle le plus simple d'investissement avec coûts fixes irrécupérables et profits incertains, le rendement escompté du projet suit un mouvement brownien géométrique de la forme

$$\frac{dX}{X} = \mu dt + \sigma dw \quad \text{où } \sigma dw \text{ sont des chocs infinitésimaux, normaux et indépendants,}$$

de variance  $\sigma^2 dt$ , qui perturbent continûment l'évolution tendancielle  $\mu dt$  du revenu.

Si le projet d'investissement a un coût fixe  $F$  irrécupérable dont la valeur n'évolue pas au cours du temps, la résolution du modèle en l'absence d'incertitude conduit à une date optimale déterministe d'investissement qui peut être largement postérieure à la date courante. En présence d'incertitude, la valeur liée à la non réalisation immédiate du projet peut être largement supérieure : l'attente a valeur d'option puisque chaque instant écoulé apporte des informations nouvelles sur la profitabilité espérée du projet (Dixit-Pindyck 1994 ; Bourdieu *et al.* 1997).

Dans le même ordre d'idée, Magnac-Thesmar (1999) modélisent le choix de quitter le système éducatif comme une décision irréversible. Comme toute année d'étude supplémentaire permet d'accroître le niveau de formation et donc d'escompter une insertion plus facile sur le marché du travail et des salaires plus élevés, il existe, en l'absence d'incertitude, une durée d'études optimale (effet déterministe). L'incertitude renforce l'attrait de la prolongation des études : en retardant la sortie du système éducatif, l'individu garde l'option de prolonger ultérieurement ses études si l'évolution de la situation sur le marché du travail le rend profitable.

### **Valorisation du départ à la retraite en l'absence d'irréversibilité**

Pour évaluer la valeur d'option liée à l'irréversibilité, on se place dans le cas polaire où la décision de liquidation des droits ne serait plus irréversible. Plus précisément, on fait l'hypothèse qu'en cas d'interruption d'activité, l'individu perçoit une pension sur la base des droits acquis et que tout retour sur le marché du travail interrompt la perception de cette pension, celle-ci étant ultérieurement recalculée sur la base des nouveaux droits. A

chaque période, la variable de décision consiste donc à faire le choix optimal entre le maintien dans le statut présent (inactivité ou activité) ou la transition vers l'autre statut, conditionnellement à la réalisation de l'état  $s_t$ .

La valeur associée à la liquidation immédiate des droits à pension s'écrit désormais :

$$V_r^{NI}(s_t, t) = u_t(Y_0 + P(s_t, t), 0) + \beta EMax\left(\left(V_w^{NI}(s_{t+1}, t+1), V_r^{NI}(s_{t+1}, t+1)\right) / s_t, d_t = r\right)$$

Le gain que l'individu trouve à continuer à travailler à la date t plutôt qu'à liquider s'écrit donc :

$$V_w^{NI}(s_t, t) - V_r^{NI}(s_t, t) = \frac{[Y_0 + w(s_t, t)]^{1-\gamma}}{1-\gamma} - \xi_t - \frac{[Y_0 + P(s_t, t)]^{1-\gamma}}{1-\gamma}$$

$$+ \beta \left[ EMax\left(V_w^{NI}(s_{t+1}, t+1), V_r^{NI}(s_{t+1}, t+1) / s_t, d_t = w\right) - EMax\left(\left(V_w^{NI}(s_{t+1}, t+1), V_r^{NI}(s_{t+1}, t+1)\right) / s_t, d_t = r\right) \right]$$

Dans ce cas, la distinction entre gain du report à 1 an et gain au-delà n'est plus pertinente, l'individu pouvant à chaque période reconsidérer ses choix.

La comparaison du gain au report entre les situations d'irréversibilité et d'absence d'irréversibilité fournit une mesure de la valeur d'option. Celle-ci s'écrit :

$$VO = \left( V_w^I(s_t, t) - V_r^I(s_t, t) \right) - \left( V_w^{NI}(s_t, t) - V_r^{NI}(s_t, t) \right) =$$

$$\beta \left[ EMax\left(V_w^I(s_{t+1}, t+1), V_r^I(s_{t+1}, t+1) / s_t, d_t = w\right) - E\left(V_r^I(s_{t+1}, t+1) / s_t, d_t = r\right) \right]$$

$$- \beta \left[ EMax\left(V_w^{NI}(s_{t+1}, t+1), V_r^{NI}(s_{t+1}, t+1) / s_t, d_t = w\right) - EMax\left(\left(V_w^{NI}(s_{t+1}, t+1), V_r^{NI}(s_{t+1}, t+1)\right) / s_t, d_t = r\right) \right]$$

$$= \beta \left[ EMax\left(V_w^I(s_{t+1}, t+1), V_r^I(s_{t+1}, t+1) / s_t, d_t = w\right) - E\left(V_r^I(s_{t+1}, t+1) / s_t, d_t = r\right) \right]$$

$$- \beta \left[ EMax\left(V_w^{NI}(s_{t+1}, t+1), V_r^{NI}(s_{t+1}, t+1) / s_t, d_t = w\right) - E\left(V_r^{NI}(s_{t+1}, t+1) / s_t, d_t = r\right) \right]$$

$$+ \beta EMax\left(\left(V_w^{NI}(s_{t+1}, t+1) - V_r^{NI}(s_{t+1}, t+1), 0\right) / s_t, d_t = r\right)$$

Cette valeur est clairement positive. En effet l'irréversibilité confère un surcroît de valeur au maintien sur le marché du travail dans la mesure où seul celui-ci laisse ouvert l'ensemble des choix. Dans le cas où la décision n'est pas irréversible, ce gain est moindre puisque la possibilité de reconsidérer sa décision à la période suivante ne dépend plus du choix d'avoir ou non liquidé à la période précédente (ce qui se traduit par la présence du troisième terme dans la formule).

## Irréversibilité et incertitude : les enseignements de quelques simulations

Pour évaluer les conséquences de l'irréversibilité sur les choix de départ à la retraite, on simule, dans un premier temps, l'évolution des taux d'activité après 60 ans avec et sans irréversibilité, sous l'hypothèse que les barèmes de retraite sont purement actuariels.

Les simulations sont menées pour des carrières-types à partir d'un modèle calibré. En effet, il est difficile d'estimer structurellement ce type de modèle sur données réelles, notamment dans le cas français. Pour la France, le seul fichier susceptible d'être utilisé est l'échantillon inter-régimes (EIR) de la DREES (Ministère de l'Emploi et de la Solidarité) qui permet de connaître le montant des pensions versées en 1997 à un échantillon d'individus nés entre 1906 et 1942 ainsi que la séquence de leurs salaires depuis 1985 (dans l'hypothèse où ils étaient encore actifs). Compte tenu de la très forte concentration des comportements de liquidation à l'âge d'obtention du taux plein, il est toutefois difficile d'inférer, à partir de ces données, une estimation robuste des paramètres structurels de la fonction d'utilité (préférence pour le loisir, aversion pour le risque notamment)<sup>8</sup>. Les simulations sont donc effectuées ici sur un échantillon « ad-hoc » permettant de recréer une certaine diversité en termes de durée d'activité et de profils de salaires. Les préférences des agents sont pour leur part calibrées et sont supposées identiques pour tous les individus.

### **La construction de l'échantillon**

On distingue 4 âges d'entrée sur le marché du travail (15-18-20-23 ans) et on suppose que les individus ne connaissent pas d'interruptions de carrières (leur âge d'entrée sur le marché du travail détermine donc la durée d'activité à 60 ans). On associe à chaque âge d'entrée sur le marché du travail un profil de carrière moyen, issu d'estimations en coupe sur l'enquête Patrimoine 1998 de l'INSEE. Le salaire de l'individu est supposé dépendre de son âge de fin d'études (mesuré ici par l'âge d'entrée sur le marché du travail - 1) et de l'expérience. L'équation estimée est la suivante :

$$\ln w_i = X_i \beta + \varepsilon_i,$$

où  $w_i$  désigne le salaire net mensuel,  $X_i$  un vecteur de variables explicatives comprenant l'âge de fin d'études  $a_i$ , l'expérience professionnelle  $ex_i$  et son carré, ainsi que le produit des variables âge de fin d'études et expérience professionnelle (afin de rendre compte du caractère plus pentu des carrières requérant des qualifications élevées).

Les estimations portent sur les hommes salariés du secteur privé, âgés de 25 à 59 ans (cf. tableau).

---

<sup>8</sup> L'estimation, sur données françaises, du modèle simplifié de Stock et Wise montre notamment une forte sensibilité du paramètre de préférence pour le loisir selon la sous-population concernée (salariés du public, salariés du privé avec ou sans chômeurs de fin de carrière...) (Blanchet-Mahieu 2000).

## Paramètres de l'équation de salaires

	Coefficient	Ecart-type
Constante	7,67	0,10
$a_i / 100$	5,20	0,51
$ex_i / 100$	0,91	0,63
$(ex_i / 100)^2$	-4,40	0,72
$a_i * ex_i / 100$	0,16	0,03
R <sup>2</sup>	0,31	

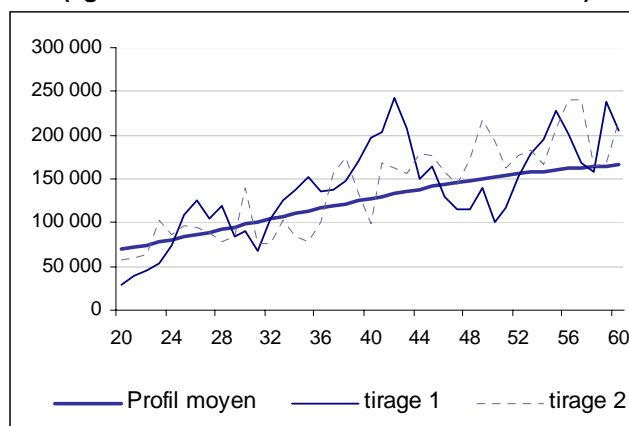
A partir de ce profil moyen, on cherche à recréer une hétérogénéité des carrières. La différence relative entre le salaire effectif  $w_{it}$  et le profil moyen  $\tilde{w}_{it} = \exp[X_{it}\hat{\beta}]$  est supposée suivre un processus AR(1), dans la lignée de Lillard-Willis (1978) :

$$\ln w_{it} - \ln \tilde{w}_{it} = \rho[\ln w_{it-1} - \ln \tilde{w}_{it-1}] + \sigma \varepsilon_{it},$$

où  $\varepsilon_{it}$  est un bruit blanc centré réduit et  $0 < \rho < 1$ .

Les paramètres  $\sigma$  et  $\rho$  ne sont pas estimés mais calibrés de façon à générer, dans le compte central, une mobilité assez forte :  $\rho = 0,7$  et  $\sigma = 0,2$ . (graphique 1). Au-delà de 60 ans, on suppose que les salaires restent constants en termes réels.

**Graphique 1 :**  
Profil de salaire moyen et exemple de carrières pour 2 tirages aléatoires  
(âge d'entrée sur le marché du travail : 20 ans)



Pour permettre de mieux isoler l'effet carrière dans l'analyse des résultats, on a choisi de ne pas introduire d'hétérogénéité dans la mortalité. On suppose donc que tous les individus se fondent sur la table de mortalité moyenne de la population observée sur la période 1994-1996.

Les valeurs retenues pour les paramètres de la fonction d'utilité sont les suivantes :

- Tous les individus ont une préférence pour le présent égale au taux d'intérêt et fixée à 3%.
- L'aversion relative pour le risque est égale à 1,5. Cette valeur est supérieure à celle estimée par Rust-Phelan (1997) sur données américaines (1,07), avec une fonction



d'utilité identique à la nôtre mais un comportement de départ à la retraite avec retour possible sur le marché du travail. Elle est en revanche inférieure à celle que l'on peut inférer des réponses tirées de l'enquête méthodologique sur les comportements face au risque et à l'avenir (Arrondel-Masson-Verger 1999). Si l'on suppose que les préférences sont de type CRRA et que les réponses à la loterie proposée se font sur la base d'un arbitrage monopériode<sup>9</sup>, près de 85% des plus de 60 ans auraient une aversion relative pour le risque supérieure à 2.

- Les individus à 60 ans ont tous une préférence pour le loisir égale à 0,12. Compte tenu du calibrage retenu, cette valeur signifie qu'un individu percevant un salaire annuel net de 150 000 francs et subissant une décote de 10% par an sur sa pension en cas de liquidation avant le taux plein demanderait un taux de remplacement (de la pension sur le salaire) de 100% pour accepter de liquider de façon anticipée. Dans l'hypothèse où la préférence pour le loisir reste constante après 60 ans, cette valeur de 0,12 conduit à une distribution des âges de liquidation avec les barèmes actuels globalement cohérente avec les comportements observés (95% de liquidation à l'âge d'obtention du taux plein).

Pour chaque âge d'entrée sur le marché du travail, on simule la décision de départ en retraite sur 1000 individus (l'échantillon global comprend donc 4000 personnes). Dans la mesure où l'on souhaite évaluer l'effet de l'irréversibilité, il est nécessaire d'envisager le cas « polaire » où la décision de liquidation ne serait pas irréversible : l'individu pourrait retourner ultérieurement sur le marché du travail, renoncer temporairement à sa pension et continuer à accumuler des droits. Un tel système pourrait être assez aisément envisagé dans un pur système de retraites à contributions définies, la règle d'évolution à chaque période du capital-retraite, et donc des droits à pension, dépendant de façon simple de la décision d'activité. En revanche, sa mise en oeuvre serait délicate avec les règles actuelles du Régime Général dans la mesure où elles n'obéissent pas à une logique actuarielle. De ce fait, pour illustrer notre propos, on a préféré se placer dans l'hypothèse (peu réaliste aujourd'hui pour une large partie des droits à pension) où le système de retraite est un pur système à cotisations définies dans lequel les individus ne peuvent liquider leurs droits qu'entre 60 et 65 ans (cf. encadré 2).

### ***Les sources d'incertitude***

Les sources d'incertitude qui encadrent le choix de départ à la retraite sont multiples : risque de dégradation de l'état de santé, aléas sur les revenus futurs, incertitude sur la valorisation du loisir par rapport au revenu... La prise en compte de cette incertitude peut modifier le comportement de l'individu et le conduire à valoriser davantage l'attente. Ainsi, un individu qui valorise aujourd'hui fortement le loisir (et donc se satisfait d'un taux de remplacement relativement faible) peut anticiper la possibilité de besoins financiers accrus dans le futur du fait d'aléas sur l'état de santé de son conjoint ou de la situation précaire de ses enfants sur le marché du travail. Il peut alors trouver intérêt à différer son départ à la retraite pour garder la possibilité demain de continuer à travailler s'il se trouve confronté à la réalisation de ces aléas.

L'aléa sur le salaire perçu en cas de poursuite de l'activité professionnelle peut être une autre source de valorisation de l'attente. Si les évolutions salariales sont très volatiles, le taux de remplacement que l'individu peut anticiper à l'avenir est également entaché d'une forte incertitude. L'individu peut alors trouver intérêt à attendre pour tirer profit d'une éventuelle évolution favorable de sa rémunération. Une telle éventualité aurait un impact

---

<sup>9</sup> Dans la loterie proposée, les individus doivent dire s'ils préfèrent garder un emploi qui leur assure un revenu constant toute leur vie ou un emploi dont la rémunération doublerait avec une probabilité  $\frac{1}{2}$  et diminuerait de  $x\%$  avec une probabilité  $\frac{1}{2}$ . Trois baisses de revenus sont successivement envisagées :  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{5}$ . Les individus sont ensuite regroupés en 4 catégories selon leurs réponses et une valeur moyenne d'aversion pour le risque leur est attribuée à partir des seuils critiques d'aversion définie par l'indifférence entre les termes de l'alternative.

à la fois sur son revenu d'activité et sur sa pension future positivement corrélée, via les barèmes, au taux de salaire.

Dans les simulations présentées par la suite, seul l'effet de l'incertitude sur la valorisation future du loisir par rapport au revenu est analysé. Les résultats ne seraient toutefois pas sensiblement différents si l'aléa portait sur le salaire perçu en cas de poursuite de l'activité professionnelle.

#### Encadré 2 :

##### Le calcul de la retraite à la liquidation des droits dans un système purement actuariel

On suppose ici que le système de retraite est un système à cotisations définies avec sortie en rente obligatoire : les salariés épargnent chaque année pour leur retraite un pourcentage fixe de leur salaire brut et au moment de la liquidation des droits, le capital accumulé est transformé en rente, sur la base d'un calcul actuariel.

- Lorsque la retraite est irréversible, la conversion du capital en rente est effectuée une fois pour toutes sur la base des probabilités de survie à l'âge de la liquidation.
- Lorsque la liquidation des droits n'est pas irréversible, l'individu peut alterner entre 60 et 65 ans les périodes d'activité et d'inactivité. Pendant les périodes d'activité, les cotisations prélevées sur le salaire viennent accroître le capital-retraite. Pendant les périodes d'inactivité, le capital-retraite est réduit du montant des rentes perçues.

L'évolution du stock de capital-retraite entre  $t$  et  $t+1$  s'écrit donc :

$$K_{t+1} = K_t(1+r) + tx \text{ cot}^* w_t \text{ si l'individu travaille entre } t \text{ et } t+1 \text{ et reçoit le salaire } w_t$$

$$K_{t+1} = (K_t - P_t) \frac{(1+r)}{(1-q_t)} \text{ si l'individu est à la retraite et reçoit une pension } P_t$$

On suppose ici que  $r = 3\%$  et  $tx \text{ cot} = 0.2$ . Compte tenu de la table de mortalité moyenne retenue dans les simulations, un taux de cotisation de 20% permet d'assurer un taux de remplacement de l'ordre de 65% à 60 ans à un salarié ayant travaillé continûment depuis l'âge de 20 ans et ayant le profil moyen de carrière simulé pour cet âge de fin d'études.

La pension  $P$  servie à un individu transformant en rente un capital-retraite  $K_0$  à la date  $t$  est déterminée par la formule :

$$K_0 = \sum_{j=t}^T \prod_{k=t}^j (1-q_k) \frac{P}{(1+r)^{j-t}}$$

où  $q_k$  désigne la probabilité de décès entre  $k$  et  $k+1$ .

#### **La modélisation de l'incertitude sur la préférence pour le loisir**

L'incertitude sur la préférence pour le loisir est introduite en supposant que les réalisations du paramètre, à partir de la période  $t+1$  (soit ici à partir de 61 ans) peuvent prendre 3 modalités  $\{\xi^i\}_{i=1,2,3}$ . Les probabilités de transition entre ces 3 états suivent un processus simple :

$$P(\xi_{t+1} = \xi^i / \xi_t = \xi^j) = \theta 1_{\{i=j\}} + \frac{1-\theta}{2} 1_{\{i \neq j\}}$$

où  $\theta$  est la probabilité que l'individu reste en  $t+1$  dans l'état qu'il occupe à la période  $t$ .

On effectue trois types de simulation correspondant à des degrés croissants d'incertitude :

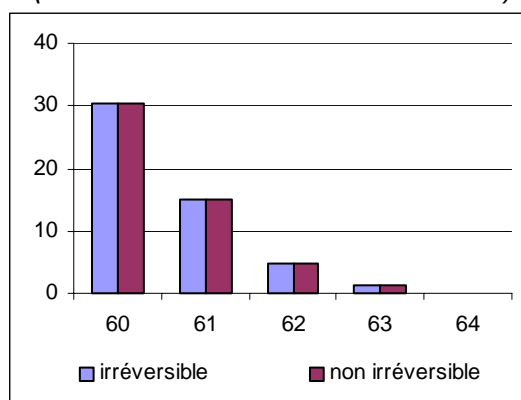
- $\theta = 1$ , ce qui correspond à une absence d'incertitude.
- la préférence pour le loisir peut prendre à chaque période les valeurs (0,09 ; 0,12 ; 0,15) avec une probabilité de  $1/3$  ( $\theta = 1/3$ ). La valeur 0,09 correspond à une préférence pour le loisir plus faible qu'à 60 ans (où elle est fixée à 0,12) et signifie qu'un individu, percevant un salaire annuel net de 150 000 francs et subissant une décote de 10% par an sur sa pension en cas de liquidation avant le taux plein, exigerait un taux de remplacement de 126% pour accepter de liquider de façon anticipée. La valeur 0,15 (qui suppose une valorisation plus forte du loisir qu'à 60 ans) correspond, sous les mêmes hypothèses, à un taux de remplacement cible de 83%.
- la préférence pour le loisir peut prendre à chaque période les valeurs (0,06 ; 0,12 ; 0,18) avec une probabilité de  $1/3$  ( $\theta = 1/3$ ). Par rapport à la situation précédente, cette variante correspond à un accroissement de la variance à espérance donnée.

La résolution du programme d'optimisation s'effectue de la façon suivante : A partir des probabilités de transition conditionnelles, on calcule, pour tout âge  $t$  compris entre 60 et 64, la fonction valeur en résolvant récursivement à partir de la dernière période (ici 64 ans) les équations de Bellman. A 64 ans, la résolution est immédiate en ce qu'il n'y a plus d'incertitude sur les réalisations futures des variables d'état. A cette date, la décision de liquider ou de rester sur le marché du travail est déterminée simplement par la comparaison de la somme actualisée des utilités en cas de liquidation immédiate et en cas de liquidation à 65 ans. La fonction valeur à 64 ans est alors égale à la somme actualisée des utilités correspondant à cette décision optimale. Cette fonction valeur sert ensuite d'input pour résoudre l'équation de Bellman à 63 ans et en déduire la fonction valeur à cet âge, et ainsi de suite.

### ***Les taux d'activité aux âges élevés avec et sans irréversibilité***

En l'absence d'incertitude (sur la préférence pour le loisir), les taux d'activité entre 60 et 64 ans ne sont pas affectés par l'irréversibilité si le profil salarial reste plat à partir de 60 ans. En effet, même s'il n'y a pas d'irréversibilité, l'individu ne gagne rien en termes de rémunération à reporter ses périodes d'activité à un âge plus élevé. On n'observe donc aucun aller-retour sur le marché du travail (graphique 1).

**Graphique 1 :**  
Taux d'activité entre 60 et 64 ans en l'absence d'incertitude sur la préférence pour le loisir  
(salaire entré sur le marché du travail à 20 ans)



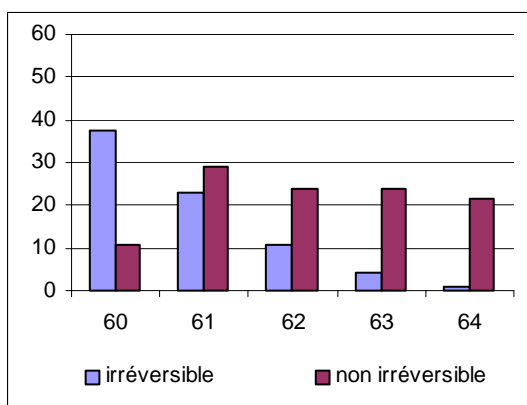
En présence d'incertitude, l'effet de l'irréversibilité sur les taux d'activité aux âges élevés est contrasté selon l'âge. L'irréversibilité du départ à la retraite incite en effet les individus à rester plus fréquemment sur le marché du travail au début de la période au cours de laquelle la liquidation est possible (60 ans ici) car tout départ les prive de la possibilité de retourner sur le marché du travail s'ils y trouvaient davantage ultérieurement : le taux d'activité à 60 ans des salariés entrés sur le marché du travail à 20 ans passe de 11% à 37% en présence d'irréversibilité, lorsque la préférence pour le loisir peut varier de 0,03 point autour de sa moyenne. En revanche, à mesure que l'âge s'accroît, les taux d'activité deviennent sensiblement plus faibles qu'en l'absence d'irréversibilité puisque, dans ce dernier cas, les individus qui y trouvent davantage reviennent travailler : à 64 ans, plus de 20% des salariés entrés sur le marché du travail à 20 ans sont en activité (graphique 2a).

Graphique 2a :

## Taux d'activité entre 60 et 64 ans

avec un aléa équiprobable sur la préférence pour le loisir entre les états (0,09-0,12-0,15)

(salarié entré sur le marché du travail à 20 ans)

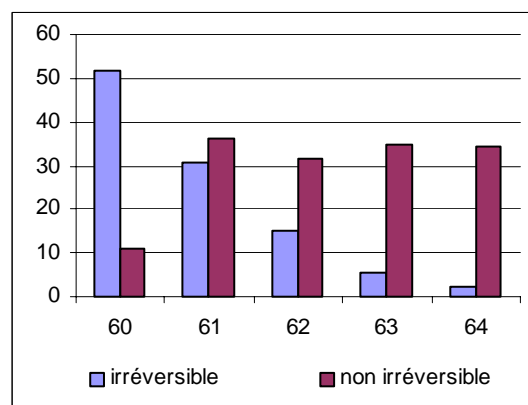


Graphique 2b :

## Taux d'activité entre 60 et 64 ans

avec un aléa équiprobable sur la préférence pour le loisir entre les états (0,06-0,12-0,18)

(salarié entré sur le marché du travail à 20 ans)



La comparaison des taux d'activité, selon divers degrés d'incertitude sur la préférence pour le loisir, est délicate. En effet, l'écart entre les distributions peut intégrer deux phénomènes : d'une part, à caractéristiques identiques, les individus vont modifier leurs décisions suite à la modification de leurs anticipations ; d'autre part, l'introduction d'un aléa modifie les caractéristiques des agents d'une simulation à l'autre.

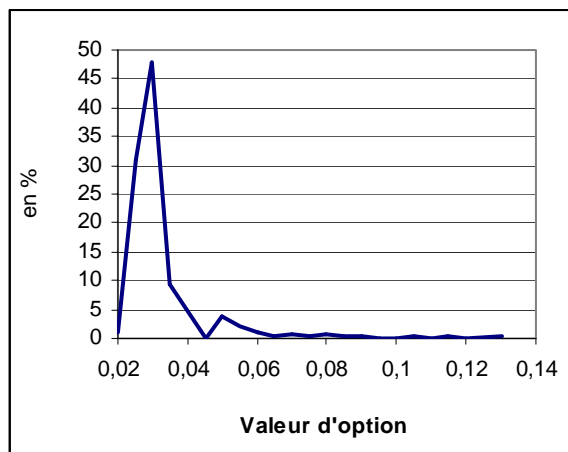
Globalement, on observe une croissance des écarts entre taux d'activité quand l'incertitude s'accroît (graphique 2b). Ce résultat semble intuitif : en présence d'irréversibilité, la valeur à ne pas liquider à 60 ans d'autant plus élevée que l'incertitude est forte. Au-delà de cet âge, l'accroissement de l'incertitude se traduit par une hausse des taux d'activité dans les deux situations : en présence d'irréversibilité, les individus restent plus longtemps sur le marché du travail pour laisser ouvert l'ensemble des possibles ; en l'absence d'irréversibilité, ils reviennent plus souvent en cas de chocs défavorables sur la préférence pour le loisir car le niveau de celle-ci est alors plus faible (0,06 contre 0,09).

### La valeur d'option à 60 ans

La valeur d'option à 60 ans, définie comme le supplément de valeur attribué en présence d'irréversibilité à la non liquidation des droits à cet âge, fournit une mesure de l'effet de l'irréversibilité. Comme l'on s'y attend, cette valeur est positive pour tous les individus

mais son ampleur est variable selon le profil de carrière, qui est ici la seule source d'hétérogénéité avec l'âge d'entrée sur le marché du travail (graphique 3)

**Graphique 3 :**  
**Distribution de la valeur d'option à 60 ans**  
*(salarié entré sur le marché du travail à 20 ans)*



### ***Effet de l'incertitude sur les taux d'activité avec les barèmes actuels pour les salariés du secteur privé***

Le choix de barèmes purement actuariels tend à renforcer l'effet de l'incertitude sur les comportements d'activité. En effet, dans la mesure où les choix ne sont pas contraints par les barèmes, les préférences individuelles (donc ici la préférence pour le loisir) deviennent un paramètre clé du choix de l'âge de la retraite. L'effet de l'incertitude serait en revanche moins perceptible si l'on considérait des barèmes plus contraints tels ceux qui s'appliquent actuellement aux salariés du Régime Général.

Pour illustrer cette idée, on modifie la règle de calcul des pensions en supposant que celles-ci sont déterminées par les règles du Régime Général pour la pension CNAV et les règles des régimes complémentaires pour les pensions ARRCO et AGIRC (encadré 3). Les simulations ne sont effectuées que dans l'hypothèse où la liquidation des droits est irréversible.

### Encadré 3 :

#### Les règles actuelles définissant les pensions des salariés du secteur privé

En France, le système de retraites obligatoires des salariés du secteur privé repose sur deux piliers : un premier régime en annuités, la CNAV, exclusivement financé par répartition ; un régime complémentaire à cotisations définies, géré par l'ARRCO et l'AGIRC, établi par des négociations contractuelles et financé essentiellement par répartition, même s'il existe quelques éléments de préfinancement.

La liquidation des droits directs à la CNAV (excluant donc les pensions de réversion) est possible à partir du 60ème anniversaire. Les droits à pension sont ouverts dès le premier trimestre de cotisation. Les variables cruciales sont le nombre total de trimestres de cotisations acquis auprès des différents régimes  $T_1$ , et le nombre de trimestres de cotisation acquis auprès de la CNAV  $T_2$ . Suite à la réforme de 1993, pour les générations nées après 1948, la pension s'exprime alors comme une proportion de  $\bar{w}$ , moyenne des 25 meilleurs salaires tronqués par le plafond de la Sécurité Sociale et revalorisés selon l'indice de revalorisation des pensions. Le taux maximum de 50% (ou « taux plein ») est atteint pour 160 trimestres de cotisation, ou bien à l'âge de 65 ans. Une pénalité de 1,25 point est appliquée au taux de 50% par trimestre manquant pour atteindre le taux plein.

La formule définissant le montant de la pension s'écrit :

$$P_{CNAV} = 0,5 \cdot [1 - 0,025 \cdot \max(0, \min(4 * (65 - age), 160 - T_1))] \cdot \min\left(1, \frac{T_2}{150}\right) \cdot \bar{w}$$

Les régimes de retraite complémentaire ARRCO et AGIRC sont des dispositifs très contributifs : chaque individu cotise un pourcentage prédéterminé de son salaire annuel, qui est converti en points selon la valeur d'achat du point (dite salaire de référence) fixée pour l'année considérée. Lors de la liquidation, les points accumulés sur les comptes individuels sont convertis en rente en fonction de la valeur de revente du point (dite valeur du point) à la date de liquidation. Dans l'hypothèse où l'individu liquide ses droits avant d'atteindre le taux plein de la CNAV, la valeur de revente du point est réduite d'environ un point de pourcentage par trimestre manquant pour atteindre le taux plein.

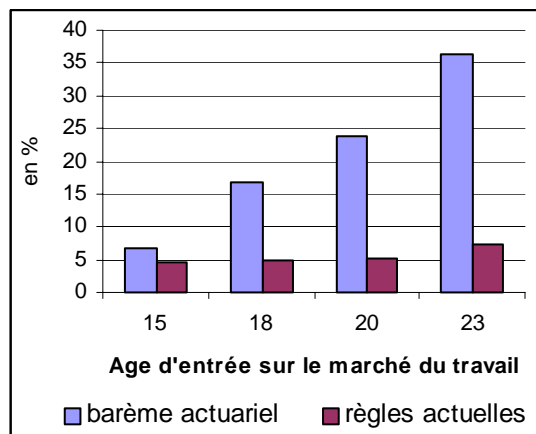
Ces barèmes définissent une « cible » implicite de 160 trimestres validés (ou 65 ans pour les carrières courtes), au-delà de laquelle la poursuite de l'activité est peu encouragée. La mesure du gain (resp. de la perte) marginal de pension occasionné par la poursuite de l'activité au-delà (resp. l'interruption en deçà) du taux plein fournit une bonne illustration de ces incitations :

- Au-delà de l'âge minimal de liquidation des droits (60 ans) mais en deçà de la cible (160 trimestres ou 65 ans), l'impact d'une année d'activité supplémentaire sur le montant du salaire servant de référence pour le calcul des droits est relativement faible car les carrières salariales plafonnent généralement après 55 ans (quand elles n'accusent pas une baisse sensible en raison du risque de chômage dans le privé). En revanche, une année d'activité supplémentaire se traduit par un accroissement de la pension CNAV compris entre 12% et 20%. Le gain est plus faible pour les régimes complémentaires, dont les décotes en cas de liquidation avant l'obtention du taux plein sont plafonnées à 22% (s'il manque au moins 5 ans) contre 50% pour la CNAV.
- Au-delà de la cible de 160 trimestres, les gains ne peuvent passer que par un éventuel redressement du salaire de référence ou par une accumulation de points supplémentaires dans les régimes complémentaires. En général, ils ne peuvent être que minimes.

Avec les règles actuelles, quel que soit l'âge de fin d'études, moins de 8% des individus modifient leur âge de liquidation quand la préférence pour le loisir varie de 0,03 point autour de sa moyenne (par rapport à la situation où ils anticipent que leur préférence pour le loisir va rester constante). Cette proportion est sensiblement plus forte avec un

barème actuariellement neutre, notamment pour les individus entrés tardivement sur le marché du travail : elle est supérieure à 20% (resp. 35%) pour les individus entrés sur le marché du travail à 20 ans (resp. 23 ans) (graphique 4).

**Graphique 4 : Pourcentage d'individus modifiant leur âge de liquidation lorsque la préférence pour le loisir varie de 0,03 point autour de sa moyenne**



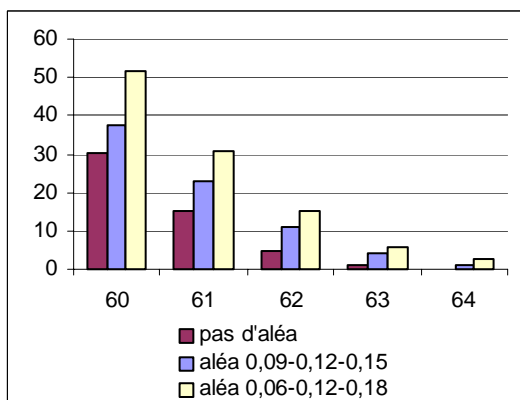
Ce moindre effet de l'incertitude s'explique par le poids déterminant des barèmes sur la décision de liquidation, avec les règles actuelles :

- Pour les salariés entrés sur le marché du travail avant 21 ans, la quasi-stagnation du montant de la pension au-delà du taux plein constitue une très faible incitation à liquider après 60 ans. Pour ceux-ci, l'effet de l'incertitude est négligeable devant l'ampleur de la taxe implicite générée par les barèmes en cas de poursuite de l'activité au-delà du taux plein (Blanchet-Pelé 1997).
- Pour les salariés qui ne peuvent bénéficier du taux plein à 60 ans, l'incitation à rester sur le marché du travail jusqu'à l'âge d'obtention du taux plein est très forte du fait des pénalités importantes encourues en cas de liquidation précoce. Là encore l'effet de l'incertitude ne peut être que secondaire par rapport aux barèmes : pour un salarié entré sur le marché du travail à 23 ans, le gain à ne pas liquider à 60 ans est certes élevé mais l'essentiel de ce gain provient d'un pur effet déterministe lié à l'amélioration sensible de la pension entre 60 et 63 ans.

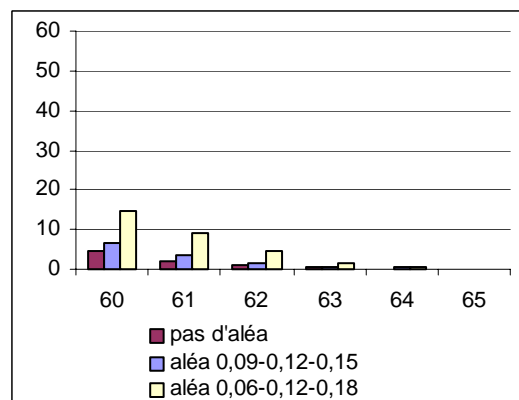
La variation des taux d'activité lorsque l'incertitude s'accroît est donc moindre avec les règles actuelles (graphique 5).

**Graphique 5 : Taux d'activité entre 60 et 64 ans**

**Système de retraite purement actuariel**



**Barèmes actuels**







## Conclusion

L'effet de l'irréversibilité sur le comportement d'activité après 60 ans a été analysé ici dans une perspective essentiellement méthodologique. L'application à la décision de départ à la retraite de la théorie des choix irréversibles montre que lorsque la liquidation des droits implique un retrait définitif du marché du travail, les individus tendent à différer leur départ pour se garder la possibilité de tirer avantage ultérieurement d'évolutions de l'environnement économique (ou des préférences) favorables à l'activité. Les simulations effectuées sur un échantillon de 4000 individus, hétérogènes en termes de profil de carrière et d'âge d'entrée sur le marché du travail, illustre ce résultat : l'irréversibilité de la décision de départ à la retraite tend à accroître les taux d'activité au début de la période au cours de laquelle la liquidation des droits est possible mais conduit en revanche à des taux d'activité plus faibles aux âges élevés.

Par ailleurs, en présence d'irréversibilité, les taux d'activité tendent à s'accroître à mesure que l'incertitude augmente. Toutefois, l'effet que l'on peut escompter d'un accroissement de l'incertitude dépend fortement de la nature des barèmes de retraite. S'il est assez important avec des barèmes purement actuariels, il est moins sensible avec les règles actuelles qui contraignent fortement les choix individuels. En tout état de cause, une estimation de l'importance de l'irréversibilité sur les comportements réels nécessiterait de connaître précisément l'hétérogénéité des préférences des agents et la façon dont se forment leurs anticipations.

D'autres sources d'aléas pourraient être envisagées : incertitude sur le salaire futur ; aléa sur l'état de santé qui devient élevé à mesure que l'âge s'accroît. La prise en compte d'un aléa sur les salaires futurs conduit à des résultats sensiblement équivalents à ceux obtenus avec une incertitude sur la préférence pour le loisir. Pour pouvoir évaluer l'importance du risque de santé sur les comportements, il serait en revanche nécessaire de recourir à une modélisation plus sophistiquée dans laquelle l'âge de liquidation et le profil intertemporel de consommation sont déterminés simultanément. En effet, pour que les risques de mortalité ou de besoins financiers accrus en fin de vie (consécutifs à un état de dépendance par exemple) incitent les individus à travailler plus longtemps, il est nécessaire que ceux-ci puissent conserver une partie du capital accumulé pour se couvrir contre le risque de vivre longtemps ou de devoir financer des dépenses de santé importantes en fin de vie.



## Bibliographie

**Arrondel L., Masson A. et Verger D. (1997).** « Comportements face au risque et à l'avenir : une enquête méthodologique », *Document de travail DELTA* 97-29.

**Baudry M. (2000).** « Le modèle de préservation de l'environnement de Arrow et Fisher : une approche en terme d'options réelles » ; *Annales d'Economie et de Statistique*, n°57, pp. 3-24.

**Bellman R. (1957).** *Dynamic Programming*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

**Blanchet D. et Mahieu R. (2000).** « Une analyse microéconométrique des comportements de retrait d'activité » *mimeo*.

**Blanchet D. et Pelé L.P. (1997).** « Social Security and Retirement in France » *NBER working paper* No 6214.

**Bommier A., Magnac T. et Roger M. (2000).** « Quels sont les effets des modifications des systèmes de retraite sur les taux d'activité des travailleurs âgés ? », *mimeo*.

**Bourdieu J., Coeuré B. et Sédillot B. (1997).** « Investissement, incertitude et irréversibilité : quelques développements récents de la théorie de l'investissement », *Revue Economique*, vol. 48, n°1, pp. 23-53.

**Burricand C. et Roth N. (2000).** « De l'emploi à la retraite : une analyse par générations », *Economie et Statistique*, n°...

**Cazals C. (1994).** « La retraite dans les modèles d'offre de travail : un survol de la littérature », *Economie et Prévision*, n°115, 1994-4.

**Colin C., Iéhlé V. et Mahieu R. (2000).** « Les trajectoires de fin de carrière des salariés du secteur privé », *Solidarité-Santé*, n°...

**Crawford V.P. et Lilien D.M. (1981).** « Social Security and the Retirement Decision », *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 96, n°3, pp. 505-529.

**Dixit A. et Pindyck R. (1994).** *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press.

**Gustman A.L. et Steinmeier T.L. (1986).** « A Structural Retirement Model », *Econometrica*, vol. 54, n°3, pp 555-584.

**Henry C. (1974).** « Investment Decisions under Uncertainty: the 'Irreversibility Effect' », *American Economic Review*, 64, pp. 1006-1012.

**Lillard L. et Willis R. (1978).** « Dynamic Aspects of Earnings Mobility », *Econometrica*, vol. 46, n°5, pp 985-1012.

**Magnac T. et Thesmar D. (1999).** « Identifying Dynamic Discrete Choice Models: An Application to School-Leaving in France », *Document de travail CREST* n°9916.

**Mahieu R. et Sédillot B. (2000).** « Microsimulations of the Retirement Decision: a Supply-Side Approach », *Document de travail Insee* G2000/07.

**Rust J. (1989).** « A Dynamic Programming Model of Retirement Behaviour », in *The Economics of Aging*, Wise ed., Chicago Press, pp. 359-398.

**Rust J. et Phelan C. (1997).** « How Social Security and Medicare Affect Retirement Behaviour in a World of Incomplete Markets », *Econometrica*, vol. 65, No 4, pp 781-831.

**Stock J. et Wise D. (1990).** « Pensions, the Option Value of Work, and Retirement », *Econometrica*, vol. 58, No 5, pp. 1151-1180.

**Taddéi D. (2000).** *Retraites choisies et progressives*, Conseil d'Analyse Economique, n°21, La Documentation Française, Paris.

