



**HAL**  
open science

## Longévité, pénibilité et nouvel impératif de sobriété : Quelles incidences sur le choix de l'Âge de la retraite ?

Didier Blanchet, Vincent Touzé, Didier Blanchet

### ► To cite this version:

Didier Blanchet, Vincent Touzé, Didier Blanchet. Longévité, pénibilité et nouvel impératif de sobriété : Quelles incidences sur le choix de l'Âge de la retraite ?. Revue de l'OFCE, 2024, Réforme des retraites et emploi des seniors (184), pp.1-34. hal-04626843

**HAL Id: hal-04626843**

**<https://sciencespo.hal.science/hal-04626843>**

Submitted on 27 Jun 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# LONGÉVITÉ, PÉNIBILITÉ ET NOUVEL IMPÉRATIF DE SOBRIÉTÉ

## QUELLES INCIDENCES SUR LE CHOIX DE L'ÂGE DE LA RETRAITE ?\*

**Didier Blanchet**

*Institut des Politiques Publiques*

**Vincent Touzé**

*OFCE, Sciences Po*

---

Trois arguments structurent traditionnellement le débat sur l'âge de la retraite : 1) l'idée que l'allongement de la durée de vie impose logiquement de le relever en proportion, 2) le fait que la pénibilité du travail plaide, à l'inverse, pour limiter cette hausse et 3) le fait que, au demeurant, on a longtemps su combiner élévation de l'espérance de vie et baisse du temps travaillé, et qu'il pourrait continuer d'en être ainsi. L'urgence environnementale introduit un quatrième argument semblant aller dans ce même sens. Si moins polluer impose de moins produire, il faut travailler moins plutôt que davantage. Mais cet argument de la sobriété est moins unilatéral qu'il n'en a l'air. Ce sont les énergies fossiles qui ont, en large part, permis le découplage passé entre espérance de vie et âge de la retraite : c'est en polluant plus qu'on a pu vivre mieux en travaillant moins. Peut-on se passer de ces énergies fossiles sans avoir à remobiliser davantage de travail ? Un modèle heuristique simple permet de mettre à plat les principaux éléments du débat. Le choix de l'âge de la retraite doit trouver le point d'équilibre entre des contraintes qui ne vont pas toutes dans le même sens.

*Mots clés* : âge de la retraite, productivité, longévité, pénibilité, transition climatique.

---

---

\* Les auteurs tiennent à remercier Florence Legros et le lecteur anonyme pour leurs précieuses remarques qui ont permis d'améliorer sensiblement la version initiale de ce texte.

Beaucoup d'arguments ont été échangés en 2023 au sujet de la hausse de l'âge de la retraite. En sa faveur ce que l'on peut qualifier d'argument de la longévité : vivre plus longtemps imposerait nécessairement de travailler plus longtemps pour satisfaire une durée de consommation plus longue. Cet argument semble de bon sens et a été largement utilisé par les soutiens à cette réforme de 2023 comme aux réformes antérieures ou aux réformes de même type menées dans d'autres pays.

Face à cette idée simple, le premier contre-argument est celui de la pénibilité du travail et de l'état de santé : c'est en termes de durée de vie en bonne santé et sans inaptitude au travail qu'il faudrait raisonner, et non pas en termes de durée de vie totale. À cette objection-là, une première réponse est de dire que les données ne valident pas forcément l'idée que l'espérance de vie en bonne santé croîtrait moins vite que l'espérance de vie totale (COR, 2023). Sur ce point, le débat reste donc ouvert. Mais il y a une seconde objection plus radicale à l'idée que l'âge de la retraite doive nécessairement suivre l'évolution de l'espérance de vie. S'il y avait une telle règle d'or, c'est dès la création des systèmes de retraite qu'elle aurait dû être appliquée, or c'est tout le contraire qui s'est passé. Il y a longtemps eu un mouvement général de contraction du temps travaillé en proportion du temps de vie total (Ausubel et Grubler, 1995). Il est passé à la fois par la réduction du temps travaillé en cours de vie active et par le développement des systèmes de retraite<sup>1</sup>. Ce double mouvement a été une composante importante du progrès social dont les travailleurs ont bénéficié sur une bonne partie du siècle dernier, et personne ne propose la remise en cause intégrale de cet acquis. Force est donc d'admettre que le découplage entre durée de vie et âge de la retraite peut être à la fois possible et souhaitable. Les opposants à la remontée de l'âge de la retraite peuvent en conclure que ce qu'on a su faire durant plusieurs décennies devrait pouvoir être poursuivi. Pour défendre l'idée d'un recouplage, ses partisans doivent faire une place au fait que le couplage n'a pas de justification universelle, il leur faut préciser les raisons qui le rendraient désormais nécessaire.

---

1. Cette période de progrès technique favorable à une réduction moyenne du temps de travail est aussi associée à une participation accrue des femmes sur le marché du travail. Là, il s'agit plutôt d'une transformation d'un travail domestique non rémunéré destiné à une production familiale en un travail rémunéré destiné à une production marchande ou non marchande. Cette bascule ne sera pas prise en compte dans cet article car elle nécessiterait une analyse séparée.

À ces arguments et contre-arguments s'ajoute maintenant celui de la sobriété. Si une planète habitable nécessite un virage vers des modes de vie plus sobres, c'est de moins plutôt que de davantage de production qu'on aurait en principe besoin. Sous cette nouvelle contrainte, ce que commande le bon sens ne serait donc pas de travailler plus, mais de continuer à travailler de moins en moins en proportion du temps de vie total. Ce serait une raison supplémentaire de reprendre le mouvement de baisse séculaire du temps travaillé à l'origine de la générosité actuelle des systèmes de retraite.

Ce nouvel argument ne peut être ignoré. La thématique de la sobriété s'impose dans tous les sujets de décision publique (Pisani-Ferry et Mahfouz, 2023 ; Pommeret *et al.*, 2023), les politiques sociales ne peuvent en faire abstraction (Elbaum, 2022), mais s'agissant des retraites peut-on se contenter de la version que l'on vient d'en donner ? Sa limite est d'ignorer le rôle décisif qu'ont joué les énergies fossiles dans les gains de productivité qui ont permis l'extension passée de la retraite. On a connu des sociétés qui utilisaient très peu de ces énergies fossiles, c'étaient des sociétés peu productives dont la principale source d'énergie était le travail humain. Celui-ci était donc très fortement mobilisé, sauf pour les catégories privilégiées que leur naissance dispensait totalement du travail. C'est en substituant des énergies fossiles au travail humain qu'on a pu se libérer d'une partie des travaux les plus pénibles, sans que ceci ne fasse obstacle à la croissance du niveau de vie.

À partir de là, s'il n'y a pas d'autre voie de décarbonation que de refaire l'ensemble du chemin en sens inverse, le scénario serait celui d'une décroissance s'accompagnant d'une réaугmentation plutôt que de nouvelles réductions du recours au travail, à l'opposé exact de la thèse avancée. Bien évidemment, on préfèrerait pouvoir compter sur d'autres formes du retour à la neutralité environnementale. Mais lesquelles exactement ? C'est en ces termes que la dimension environnementale doit être intégrée à la réflexion sur les retraites (Blanchet, 2022) et, plus largement, à la réflexion sur la place du travail dans le fonctionnement de l'économie.

Sans prétendre répondre par oui ou par non à l'ensemble de ces questions, l'objectif de cet article est de proposer un cadre d'analyse pouvant contribuer à leur mise à plat. On commencera par se concentrer sur la seule question des progrès de productivité, indépendamment de la part qu'y a prise le recours aux énergies fossiles : on

verra comment une spécification élémentaire des préférences collectives peut, de fait, justifier le découplage passé entre évolutions de l'espérance de vie et de l'âge de la retraite, et justifier également qu'il puisse falloir y mettre fin, réconciliant donc l'argument du recouplage avec l'enseignement de l'histoire. On enrichira ensuite cette première analyse d'une prise en compte stylisée de la contrainte de pénibilité et d'une productivité variable selon l'âge. Puis on introduira la contrainte supplémentaire de plafonnement ou de réduction du recours aux énergies fossiles.

## 1. Un modèle élémentaire

Cet article va se centrer sur la question du partage de la vie adulte entre temps travaillé et temps passé en retraite, mais la réduction de la part du premier est un phénomène plus large qui a eu deux autres composantes. On a déjà mentionné la baisse de la durée annuelle du travail des individus en activité, il faut y ajouter l'entrée plus tardive dans cette vie active. Les bascules se sont ainsi faites entre trois et pas seulement deux usages du temps : le temps consacré à la formation, le temps consacré au travail productif proprement dit, et le temps consacré au loisir. Au sein du travail productif, on pourrait aussi ajouter la ventilation du temps travaillé entre travail domestique et travail rémunéré et l'arbitrage entre ces trois ou quatre usages du temps se pose à tous les âges, y compris pour la formation qui ne se cantonne pas à la formation initiale.

Plusieurs tentatives ont été faites de modélisation de tout ou partie de cet arbitrage dans le cadre de modèles de cycle de vie complets (Heckmann, 1976 ; Fougère *et al.*, 2009 ; Kalemli-Ozcam et Weil, 2010 ; Bloom, Canning et Moore, 2014 ; Sanchez-Romero, d'Albis et Prskawetz, 2016). Une modélisation de ce type avait également été utilisée par Blanchet et Toutlemonde (2008, 2011) pour examiner les conditions requises pour que le couplage de l'âge de la retraite et de l'espérance de vie soit effectivement la politique optimale et même, plus largement, pour que la réponse souhaitable aux gains d'espérance de vie soit de juste déformer de manière homothétique l'ensemble des profils par âge du temps consacré à la formation, au travail et au loisir, *i.e.* une version étendue de l'idée de couplage telle que discutée par Lee et Goldstein (2003).

### Encadré. Un exemple de modèle de cycle de vie complet

À titre d'exemple de ce que peut montrer une modélisation plus complète de l'arbitrage travail/loisir/formation sur l'ensemble du cycle de vie, on donne dans cet encadré la spécification utilisée dans Blanchet et Toutlemonde (2011) et un aperçu de leurs résultats.

Dans cette spécification, l'âge  $a$  est traité de manière continue. On est dans un régime démographique stable où la structure par âge est en  $e^{-na} s(a)$ , dépendant non seulement de la fonction de survie  $s(a)$  (jusqu'à un âge limite  $T$ ) mais aussi d'un taux de croissance démographique constant égal à  $n$ . Avec une population stationnaire ( $n = 0$ ) la structure par âge est totalement déterminée par la fonction de survie. Par rapport à cette situation de référence, le terme en  $e^{-na}$  traduit la sous- ou la surpondération des tranches d'âge élevées selon que la population est croissante ou décroissante. Sous la structure par âge ainsi définie, la question est celle du partage optimal du temps vécu à chaque âge entre formation (*training*)  $t(a)$ , travail (*work*)  $w(a)$  et loisir (*leisure*)  $l(a)$  vérifiant à chaque âge  $t(a) + w(a) + l(a) = 1$ .

La fonction d'utilité sociale à maximiser est

$$\int_0^T e^{-na} s(a) [\ln(y(a) - \bar{y}) + \beta(a) \ln(l(a))] da$$

avec  $y(a)$  la consommation à l'âge  $a$ ,  $\bar{y}$  une norme de consommation minimale,  $\beta(a)$  un terme de préférence pour le loisir et/ou de pénibilité du travail qui est supposé croissant avec l'âge. L'optimisation se fait sous la contrainte d'égalité entre production et consommation agrégées sur tous les âges :

$$\int_0^\omega e^{-na} s(a) [w(a) f(K(a)) - y(a)] da = 0$$

dans laquelle la production à l'âge  $a$ ,  $f(K(a)) = \kappa \cdot K(a)$ , découle d'une productivité exogène  $\kappa$  appliquée à un niveau de capital humain  $K(a)$ . L'évolution avec l'âge de ce dernier est gouvernée par l'équation :

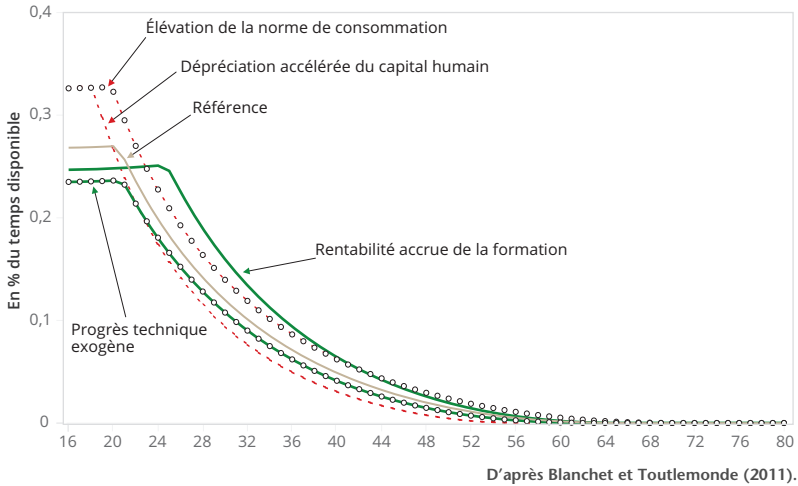
$$\dot{K}(a) = -\delta(a)K(a) + \tau \cdot t(a)^\eta + \varphi \cdot w(a)$$

dont les trois termes sont l'effet d'une dépréciation exogène  $\delta(a)$ , l'effet  $\tau \cdot t(a)^\eta$  de l'effort de formation  $t(a)$  où  $\tau > 0$  et  $0 < \eta < 1$  sont deux paramètres techniques traduisant respectivement un effet de rendement proportionnel et un rendement d'échelle décroissant de l'effort, et, enfin, un effet de *learning by doing*  $\varphi \cdot w(a)$  traduisant un rendement proportionnel  $\varphi > 0$  du temps  $w(a)$  consacré au travail à l'âge  $a$ .

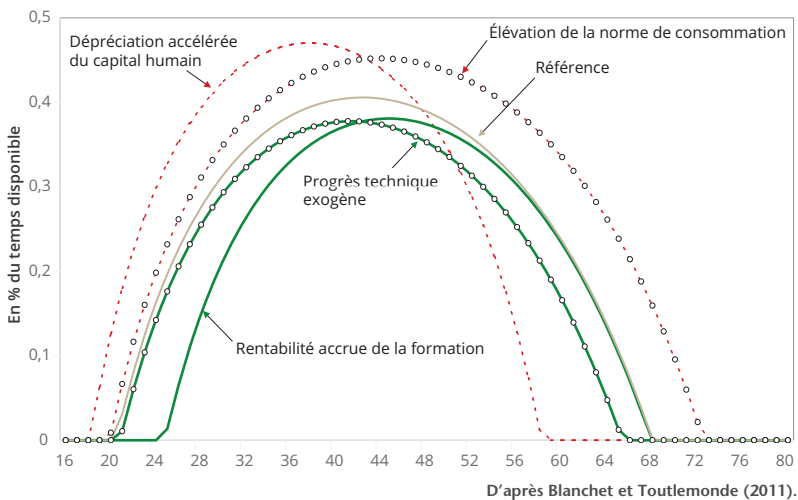
Les graphiques 1 et 2 montrent les profils obtenus pour les fonctions  $t(a)$  et  $w(a)$  pour différents jeux de paramètres. Par exemple, une forte dépréciation naturelle du capital humain conduit à un effort intense mais bref de formation initiale, suivi d'une durée d'activité également plus courte. En

revanche, un rendement plus élevé de la formation conduit à prolonger la période de formation initiale et à décaler d'autant la sortie d'activité. Cet effet est à différencier d'une augmentation purement exogène de la productivité, qui a peu d'effet sur le temps alloué à la formation et conduit à réduire la durée de vie active, si la norme de consommation reste inchangée.

**Graphique 1. Profil selon l'âge du temps consacré à la formation – Scénario de référence et variantes analytiques**

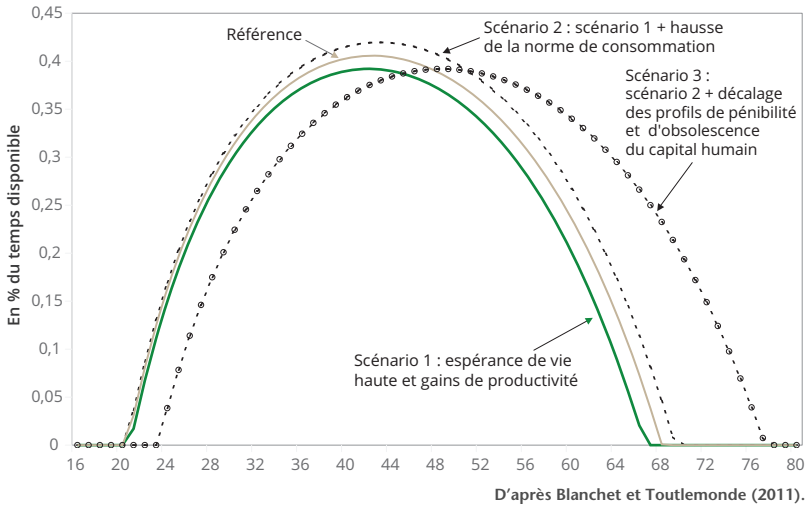


**Graphique 2. Profil selon l'âge du volume de travail – Scénario de référence et variantes analytiques**



Le graphique 3 donne le déplacement optimal du profil d'activité par âge dans le cas d'une hausse de l'espérance de vie de 10 %, accompagnée d'un doublement de la composante exogène  $\kappa$  de la productivité. Pour avoir une homothétie de la fonction  $w(a)$  identique à la déformation de la fonction de survie, il faut que  $\bar{y}$  augmente comme  $\kappa$ ; et que les profils des deux fonctions  $\delta(a)$  et  $\beta(a)$  se déplacent eux aussi selon la même homothétie.

Graphique 3. Impact d'une hausse de l'espérance de vie sur le profil selon l'âge du temps consacré au travail – Scénario de référence et variantes analytiques



En comparaison de ce modèle, celui beaucoup plus stylisé qui est mobilisé dans l'article raisonne en population stationnaire ( $n = 0$ ), suppose une fonction de survie totalement rectangulaire et ignore la question de la formation, aussi bien initiale que continue. Il conserve en revanche le terme de norme de consommation,  $\bar{y}$ . Le rôle de la pénibilité ou de la préférence pour le loisir croissantes avec l'âge est laissé implicite dans la version de la section 1. Il est rendu explicite dans la section 2, complété par la prise en compte d'une productivité également dépendante de l'âge, mais de manière exogène. La section 3 rajoute le lien entre productivité et consommation d'énergie fossile.



Ce modèle était un modèle de cycle de vie en temps continu qui retenait quatre paramètres ou groupes de paramètres (encadré) :

- 1) la productivité du capital humain ;
- 2) une fonction d'accumulation de ce capital humain, dépendant à chaque âge du temps consacré à la formation, d'un effet de *learning by doing*, et d'un profil de dépréciation dépendant de l'âge ;
- 3) la pénibilité du travail et/ou la préférence pour le loisir, supposées croissantes avec l'âge ;
- 4) une norme de niveau de consommation.

Ce modèle rendait bien compte d'une division ternaire du cycle de vie entre a) une période uniquement consacrée à la formation initiale et au loisir, b) une période médiane combinant travail productif, loisir et formation continue, mais avec une place décroissante de cette dernière au fur et à mesure qu'on se rapproche de la troisième phase du cycle de vie, c) celle de la retraite, entièrement consacrée au loisir ou, pour être plus exact, uniquement à des activités autres que du travail rémunéré ou des formations visant à améliorer sa productivité.

Les seuils d'âge séparant ces trois phases du cycle de vie et le partage entre loisir, formation et travail au cours des deux premières dépendaient de l'ensemble des paramètres :

- Un fort rendement de l'effort de formation encourage et rend même nécessaire l'accumulation initiale de ce dernier, ce qui allonge la première phase du cycle de vie.
- À norme de consommation donnée, la hausse de la productivité qui en résulte peut permettre un âge de la retraite plus précoce. On rend donc bien compte de ce à quoi on a assisté historiquement : une contraction de la vie active par ses deux bouts, avec une entrée en activité plus tardive du fait de l'allongement des études, et une transition plus précoce vers une retraite de plus en plus longue.
- Mais la réduction du temps travaillé pouvait aussi prendre la forme d'une durée travaillée plus basse en cours de vie active, l'arbitrage entre ces deux formes de réduction du temps travaillé dépendant des rythmes auxquels l'âge accroît la préférence pour le loisir et déprécie le capital humain. Une dépréciation rapide pousse à l'intensification du travail sur une durée de vie active plus courte, à moins que cette dépréciation du capital humain puisse être contrée efficacement par un surcroît de formation en

cours de vie active. Dans tous les cas, le temps consacré à celle-ci a néanmoins tendance à naturellement décroître à l'approche de la retraite : l'effort de formation est maximal avant l'entrée dans la vie active, quand la durée pendant laquelle il sera valorisé est elle aussi maximale, puis il décroît au fur et à mesure que se réduit le temps restant pour cette valorisation.

Ce qui apparaissait alors était que, pour justifier l'idée que toutes les phases du cycle de vie soient dilatées proportionnellement à la durée de vie totale, il fallait, en présence de progrès de productivité, que a) la norme de consommation s'élève parallèlement à la productivité et que b) tous les paramètres exogènes dépendant de l'âge voient leur profil se décaler eux aussi en proportion de la hausse de l'espérance de vie. Dès lors que toutes ces conditions n'étaient pas remplies, le partage du temps total de vie entre ses trois grands usages n'avait pas de raison d'être stable au cours du temps.

Dans cet article, le propos va être simplifié en laissant de côté la question du temps consacré à la formation. La productivité sera considérée comme exogène, dans un premier temps, avant de supposer qu'elle dépend de la mobilisation de ressources naturelles. On va également laisser de côté la question de l'arbitrage entre raccourcissement de la vie active et réduction du temps travaillé aux âges d'activité. Laisser de côté cet aspect du problème va dispenser d'une approche âge par âge, en réduisant la question à celle de l'allocation du temps total de vie adulte  $T$  entre une vie active de durée  $A$  et une retraite de durée  $D = T - A$ , sous l'hypothèse également simplificatrice d'une fonction de survie totalement rectangulaire, sans incertitude sur l'âge du décès. La durée de la vie active  $A$  pourra aussi se lire comme âge de la retraite pour un âge compté à partir de l'entrée dans cette vie active. Comme dans l'étude que l'on vient de citer, on conserve par ailleurs une approche de statique comparative : on compare les âges de retraite optimaux entre des états stationnaires caractérisés, de manière permanente, par des espérances de vie plus ou moins élevées et des niveaux de productivité plus ou moins élevés, laissant de côté la question de ce qu'il conviendrait de faire, dans le monde réel, lors des phases de transition entre de tels états<sup>2</sup>.

Dans ce cadre très simple, une forme possible de la fonction objectif est une forme Cobb-Douglas corrigée,  $\alpha \log(y - \bar{y}) + \beta \log(D/T)$ , avec  $y$  la consommation moyenne supposée équirépartie sur tous les âges de la vie et  $\bar{y}$  le terme de consommation minimale requise : il peut

servir à intégrer aussi bien des effets de normes sociales que l'existence de consommations objectivement indispensables, ce que l'on qualifie aussi de dépenses défensives qui sont nécessaires mais sans générer d'utilité, dont certaines peuvent d'ailleurs être des dépenses collectives, ou correspondre au besoin d'investissement nécessaire à la reconduction permanente de la consommation courante. Un terme similaire de durée minimale de la retraite  $\bar{D}$  sera aussi introduit en section 2, quand on détaillera la prise en compte de la pénibilité, mais il est ignoré à ce stade.

Bien évidemment, cette fonction ne peut pas exactement s'interpréter comme l'utilité instantanée d'un individu représentatif du moment puisque, à date donnée, la population combine des individus qui profitent de leur retraite et des individus qui n'en profiteront que plus tard, sous des conditions qui auront pu changer entre-temps. Il n'y a donc pas d'individu représentatif. Mais, elle correspond à l'utilité espérée sur cycle de vie d'un individu qui se projetterait dans l'état stationnaire reproduisant indéfiniment les conditions économiques et démographiques courantes. On reviendra dans la section suivante sur la façon d'interpréter cette utilité globale comme somme d'utilités à chaque âge. On se contentera de signaler, à ce stade, que les ordres de grandeur de ses deux composantes sont bien homogènes. On fait en effet une moyenne logarithmique entre la consommation totale sur le cycle de vie divisée par la durée de vie, et un nombre total d'années de loisir ou de non-travail également rapporté à la durée de vie totale. Cela étant, comme la division de  $D$  par  $T$  ne fait qu'introduire un terme  $-\beta \log T$  sans effet sur la détermination de l'optimum, on se contentera aussi bien de considérer la fonction :

$$\alpha \log (y - \bar{y}) + \beta \log (D)$$

---

2. Notre analyse ignore par ailleurs l'interaction avec l'accumulation du capital. Notre modèle revient à considérer un planificateur qui cherche à maximiser, en toute date, le bien-être moyen de la population indépendamment du choix d'accumulation optimale de capital. Trois hypothèses sous-jacentes permettent de procéder ainsi : 1) l'évolution de la productivité dépend d'une séquence autonome d'accumulation du capital orthogonale aux choix de durée d'activité ; 2) le taux de préférence pour le présent du planificateur social est identique à celui des agents privés ; 3) l'effort de travail est parfaitement observable et aucun travailleur ne peut échapper à la durée d'activité obligatoire tout en fournissant l'effort productif attendu. Un lien reste à établir avec les modèles à générations imbriquées développés en temps discret par Erosa et Gervais (2002) et en temps continu par d'Albis (2007).

Avec cette spécification et avec une productivité moyenne du travail exogène uniforme notée  $\pi$ , la fonction à maximiser en  $A$  est

$\alpha \log(\pi A/T - \bar{y}) + \beta \log(D/T) = \alpha \log(\pi A/T - \bar{y}) + \beta \log(1 - A/T)$   
avec pour condition d'optimalité du premier ordre :

$$\alpha(\pi/T)(1 - A/T) = (\beta/T)(\pi A/T - \bar{y})$$

dont on tire les ratios :

$$\frac{A}{T} = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} + \frac{\beta}{\alpha + \beta} \bar{y}/\pi$$

$$\frac{D}{T} = \frac{\beta}{\alpha + \beta} (1 - \bar{y}/\pi)$$

auxquels est associé le niveau de vie

$$y = \frac{\alpha\pi + \beta\bar{y}}{\alpha + \beta}$$

Ce premier modèle montre ou confirme :

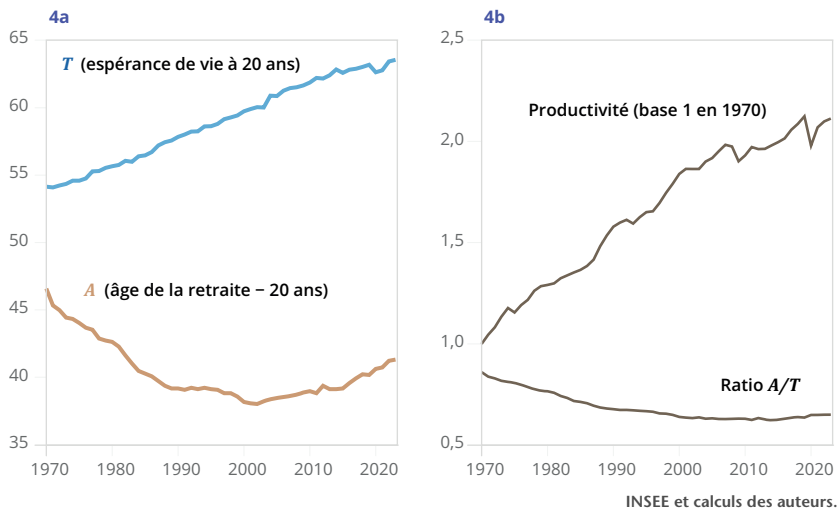
- que, toutes choses égales par ailleurs, à  $\bar{y}$  et  $\pi$  inchangés,  $A$  évolue en proportion de  $T$ . On travaille davantage si on vit plus longtemps, mais la durée de la retraite  $D$  augmente aussi du même pourcentage ;
- que la presque totalité de l'existence est néanmoins consacrée au travail quand  $\pi$  est faible, proche de la valeur seuil  $\pi = \bar{y}$  en deçà de laquelle la consommation minimale ne pourrait même pas être assurée ;
- mais que, avec les progrès de la productivité apparente du travail, le ratio  $A/T$  décroît tendanciellement vers  $\alpha/(\alpha + \beta)$ , au profit de  $D/T$  ;
- que, cette décroissance étant initialement forte, elle peut dominer l'effet des gains d'espérance de vie, *i.e.* on travaille moins malgré que l'on vive plus longtemps, il y a découplage de  $A$  et de  $T$  ;
- que ce n'est que tendanciellement que l'on revient au couplage, avec des croissances identiques de  $A$  et  $T$  ;
- qu'un facteur supplémentaire peut néanmoins modérer l'effet à la baisse de  $\pi$ , le fait que la norme de niveau de vie puisse s'élever au rythme de  $\pi$ . À la limite, si l'on suppose une relation du type  $\bar{y} = \varepsilon\pi$ , on peut calculer  $A/T = (\alpha + \beta\varepsilon)/(\alpha + \beta)$  indépendamment du niveau de  $\pi$ . En effet, si le niveau de consommation

« incompressible » renvoie d'abord à une notion de consommation « vitale » correspondant à une alimentation et un confort minimum nécessaires pour garantir la survie humaine, il peut aussi renvoyer à une notion d'habitude de consommation dans la mesure où chaque individu s'habitue à l'amélioration de son mode de vie et qu'il évalue son bien-être sur sa progression et donc en fonction de l'écart de sa consommation effective par rapport à un standard de vie référentiel fonction de sa consommation passée et qui augmente au fil du temps<sup>3</sup>.

À quel degré cela cadre-t-il avec les évolutions historiques stylisées, et qu'en déduire pour le futur ? Ces évolutions historiques sont données sur les graphiques 4a et 4b, avec l'espérance de vie à 20 ans comme proxy de  $T$ , avec la variable  $A$  calculée comme l'écart entre l'âge constaté de la retraite et ce seuil de 20 ans pour l'entrée dans la vie active, et avec le ratio PIB/population active comme proxy de  $\pi$ . Le découplage passé est confirmé, sans surprise, par les évolutions opposées de  $T$  et de  $A$ , ayant conduit à faire baisser le ratio  $A/T$  de plus de 85 % à environ 2/3.

Cela permet-il un calibrage du modèle proposé ? Ce calibrage aura au moins deux limites.

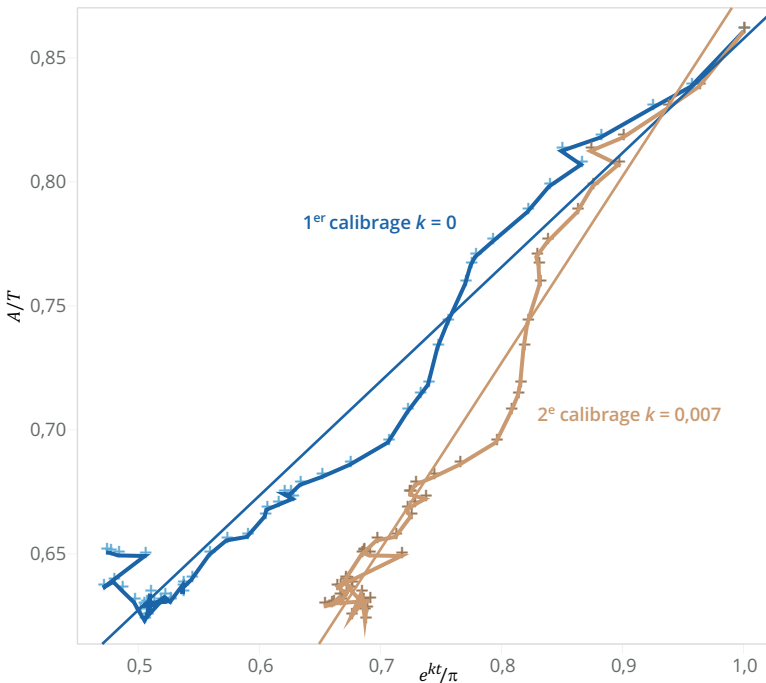
Graphique 4. Espérance de vie, âge de la retraite et progrès de productivité en France



3. Sur le sujet des habitudes de consommation, voir notamment Dynan (2000).

La première est que, sur la période, l'arbitrage en faveur d'une retraite précoce a pu être favorisé par d'autres facteurs. En particulier, tant que l'ensemble des baby-boomers ont été en activité, la structure par âge a été plus favorable à une retraite précoce que ne l'aurait impliqué la seule hausse de l'espérance de vie (Blanchet et Le Gallo, 2013). Cela a encore été amplifié dans les années 1970-1980 par l'arrivée à l'âge de la retraite des générations creuses nées durant la Première Guerre mondiale, rendant la baisse de l'âge de la retraite bien moins coûteuse qu'en temps normal. C'est à partir de 2006 qu'on a commencé à sortir de cette donne favorable, avec l'arrivée à la retraite des premières générations de baby-boomers, et cette sortie n'est pas encore complètement achevée, elle ne le sera qu'autour de 2040. La période couverte n'est donc pas parfaitement représentative de ce qu'aurait pu être un arbitrage uniquement gouverné par la productivité et l'espérance de vie.

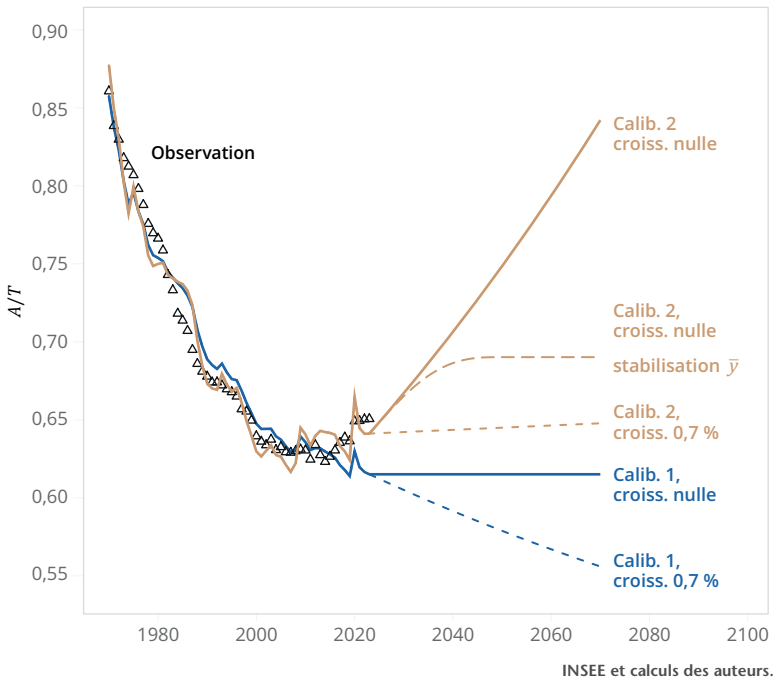
Graphique 5. Deux exemples de calibrage



INSEE et calculs des auteurs.

Note : La relation en bleu donne l'ajustement pour  $k = 0$ , i.e. sous l'hypothèse d'une norme de consommation constante au cours du temps. La relation en rouge donne l'ajustement sous l'hypothèse d'une norme de consommation croissant tendanciellement de  $k = 0,7\%$  par an. Les  $R^2$  sont, respectivement, de 0,9548 et 0,9647.

Graphique 6. Reconstitution et projection du ratio  $A/T$  selon calibrage et hypothèses de croissance



La seconde limite est que l'évolution constatée de l'âge de la retraite peut dévier du véritable optimum social si les procédures de choix collectif conduisent à des choix biaisés. Il existe par exemple une littérature suggérant que le vote tend à surpondérer la situation des plus âgés : typiquement, l'électeur d'âge médian n'a plus devant lui qu'une partie de sa vie active, mais la totalité de sa retraite. S'il ne considère que son bien-être personnel prospectif sur sa durée de vie restante, il accordera un poids plus élevé au montant et à la durée de sa retraite en comparaison du planificateur social qui prendrait en compte l'ensemble du cycle de vie.

Ces deux objections n'empêchent pas de proposer des calibrages indicatifs. Le premier sera fait en supposant des paramètres de préférences qui auraient été parfaitement fixes. S'agissant des paramètres  $\alpha$  et  $\beta$ , ils ne sont identifiables que par leur ratio, on se donne donc la contrainte  $\beta = 1 - \alpha$ . Si on accepte l'idée qu'à la fois  $\alpha$  et  $\bar{y}$  puissent ne pas avoir varié au cours du temps,  $\alpha$  correspondra au terme constant de la régression simple de  $A/T$  sur  $1/\pi$  et  $\bar{y}$  correspondra à

son coefficient de pente divisé par  $1 - \alpha$ . Il s'agit d'une des deux régressions simples données sur le graphique 5, qui conduit à  $\alpha = 0,3971$  et  $\bar{y} = 0,4606/0,6029 = 0,7639$ .

Mais il n'y a aucune raison de supposer que l'ensemble des éléments du choix soient fixes. Les supposer intégralement variables rendrait le modèle totalement non identifiable, mais on peut adopter des hypothèses intermédiaires. Le deuxième calibrage suppose  $\alpha$  fixe et une tendance régulière de croissance des besoins ou des aspirations en matière de consommation,  $\bar{y}(t) = \bar{y}_{1970} e^{k(t-1970)}$ . Sous cette hypothèse, le calibrage est obtenu en régressant  $A/T$  non plus sur  $1/\alpha$  mais sur  $e^{k(t-1970)}/\pi$ . Le paramètre  $\alpha$  correspondra toujours au terme constant de la régression, et son coefficient de pente divisé par  $1 - \alpha$  donnera la valeur initiale de  $\bar{y}$ . La régression est donnée sur le graphique 2 pour  $k = 0,7\%$ . Il vient dans ce cas  $\alpha = 0,1272$  et  $\bar{y}_{1970} = 0,75/0,8728 = 0,8593$ .

Les ajustements sont de qualité comparable dans les deux cas, avec des évolutions observées et reconstituées de  $A/T$  données sur la partie gauche du graphique 6. Les implications sont évidemment très différentes en termes de projection, et selon l'hypothèse qui serait par ailleurs faite sur l'évolution à venir de la productivité. Deux scénarios sont envisagés la concernant, l'ancien scénario bas du COR, celui d'une croissance à  $0,7\%$  par an, et le scénario d'une croissance qui serait totalement nulle.

Avec le premier calibrage à  $\bar{y}$  fixe et une croissance à  $0,7\%$  par an, le ratio  $A/T$  reprendrait sa marche décroissante des décennies écoulées, vers son asymptote basse  $\alpha = 0,3971$ , moyennant toutefois une reprise de la hausse des dépenses de retraite et donc du prélèvement sur les actifs dont il est difficile d'imaginer la faisabilité. Avec le même calibrage et une croissance nulle, cette baisse s'interromprait, on retomberait sur le cas de couplage dans lequel, à productivité constante, l'âge de la retraite évolue comme l'espérance de vie.

Mais le même couplage serait retenu avec la productivité croissante et  $\bar{y}$  évoluant au même rythme du second calibrage, et il faudrait un âge de la retraite augmentant plus vite que l'espérance de vie si  $\bar{y}$  continuait sur cette lancée alors que les progrès de productivité s'interrompraient. On ne reviendrait au couplage que si les préférences prenaient acte de cet arrêt des progrès de productivité, avec un  $\bar{y}$  qui redeviendrait constant. C'est ce que fait la dernière courbe du graphique 6, dans lequel on suppose que les aspirations représentées



par  $\bar{y}$  finissent par s'adapter au régime de productivité stagnante, en l'occurrence en 2050, permettant au ratio  $D/T$  de se stabiliser à un niveau intermédiaire. Le fait que les préférences puissent s'adapter aux contraintes de productivité sera un des éléments réintroduits en section 3 pour discuter des effets de la contrainte climatique. Mais, auparavant, on va mobiliser une extension simple du même modèle pour discuter de l'effet de la pénibilité et aussi de la possibilité d'un lien âge/productivité.

## 2. Premier enrichissement : pénibilité et productivité variables selon l'âge

Une pénibilité et une productivité variables selon l'âge étaient deux éléments du modèle plus complet présenté plus haut en encadré. On peut aussi les introduire dans ce modèle plus simple. En fait, s'agissant de la pénibilité et/ou de la préférence pour le loisir, ce modèle très simple retenait une hypothèse implicite que l'on va rendre explicite : cela permettra d'en envisager des variantes, tout en gardant une forme analytique très simple. L'introduction d'une productivité dépendante de l'âge ne sera abordée que dans un deuxième temps.

### 2.1. Pénibilité (ou préférence pour le loisir) variable selon l'âge

On reste dans une approche de statique comparative transversale, c'est-à-dire une analyse des choix optimaux dans des régimes où les données de l'arbitrage seraient en permanence celles de la période courante. Mais au lieu de raisonner directement en termes de niveau de vie moyen sur cycle de vie et de durée totale de retraite rapportée à la durée de vie totale, on explicite les profils d'utilité par âge, avec une désutilité du travail qui sera liée à cet âge. On notera  $y(a)$  la consommation à l'âge  $a$ . On suppose une utilité à l'âge  $a$  dépendant logarithmiquement de  $y(a)$ , avec le même coefficient que dans la spécification agrégée et, aux âges d'activité, on introduit un terme de pénibilité  $p(a)$  intervenant de manière additive et croissant continûment jusqu'à une asymptote verticale à un âge limite  $\bar{A}$  au-delà duquel cette pénibilité devient systématiquement rédhibitoire. La spécification qui va permettre de retomber sur une forme agrégée logarithmique est une forme :

$$p(a) = \beta \frac{\bar{A}}{\bar{A} - a}$$

La fonction d'utilité à maximiser s'écrit alors :

$$\alpha \int_0^T \log(y(a) - \bar{y}) da - \beta \int_0^A \frac{\bar{A}}{\bar{A} - a} da$$

Avec cette forme séparable de la fonction d'utilité, la maximisation impliquera toujours une équirépartition de la consommation par âge, on écrira donc  $y(a) = y$ . Le deuxième terme s'intègre pour sa part en :

$$\beta \bar{A} [\log(\bar{A} - a)]_0^A = \beta \bar{A} [\log(\bar{A} - A) - \log(\bar{A})]$$

Comme le terme en  $-\beta \log T$  du premier modèle, le terme  $-\beta \bar{A} \log(\bar{A})$  n'interviendra pas dans la maximisation. En l'écartant et en divisant tous les termes par  $T$ , il vient une expression modifiée du bien-être moyen :

$$\alpha \log(y - \bar{y}) + \beta \frac{\bar{A}}{T} \log(\bar{A} - A)$$

que l'on peut encore réécrire :

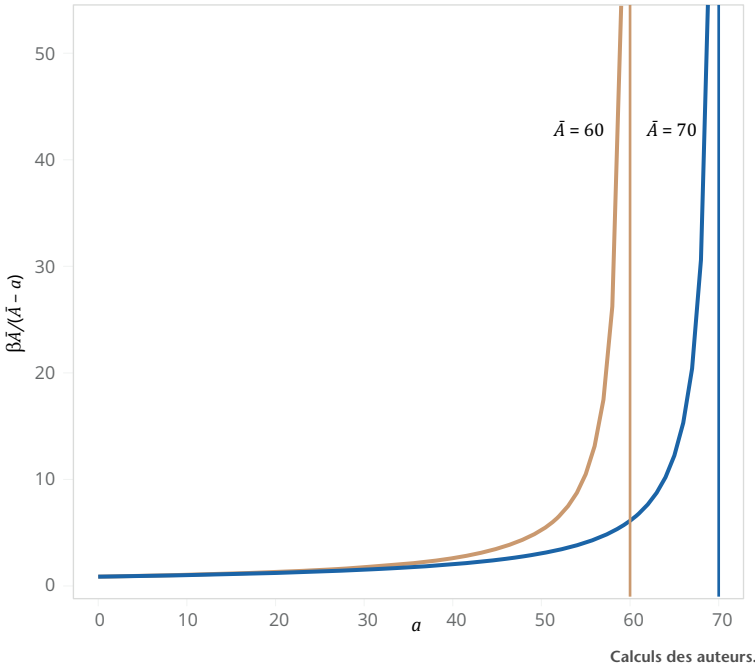
$$\begin{aligned} \alpha \log(y - \bar{y}) + \beta \frac{\bar{A}}{T} \log(D - (T - \bar{A})) \\ = \alpha \log(y - \bar{y}) + \beta \frac{T - \bar{D}}{T} \log(D - \bar{D}) \end{aligned}$$

où  $\bar{D} = T - \bar{A}$  s'interprète comme une durée incompressible de la retraite, correspondant à la fraction de la vie totale durant laquelle la participation à la vie active est systématiquement exclue, et qui jouera dans l'optimisation le même rôle que la quantité  $\bar{y}$  pour la composante niveau de vie de la fonction objectif.

Cette expression généralise le résultat de la première section en montrant à quelle hypothèse implicite sur  $\bar{A}$  il correspondait. On retombe sur la forme précédente pour  $\bar{A} = T$  soit  $p(a) = \beta T / (T - a)$ . Cela veut dire que, dans le premier modèle, le paramètre  $\beta$  était à interpréter comme le niveau de pénibilité ou de préférence pour le loisir à l'entrée dans la vie adulte, celle-ci étant ensuite supposée croissante jusqu'à une asymptote verticale en  $a = T$ . Sous cette hypothèse, une augmentation de la durée de vie de  $T$  à  $T'$  entraînait une déformation du même pourcentage de l'ensemble de la courbe de pénibilité : après changement, la pénibilité à l'âge  $a$  était celle qui prévalait précédemment à l'âge  $aT/T'$ , comme représenté en graphique 7 avec le second calibrage du graphique 6 et les deux valeurs  $T = 60$  et  $T = 70$ .

C'est sous l'effet de cette hypothèse implicite que l'âge optimal de la retraite évoluait parallèlement à  $T$ , à productivité et norme de consommation données.

Graphique 7. Profils de pénibilité/préférence pour le loisir sous-jacents au modèle de la section 1, pour deux valeurs de  $\bar{A}$



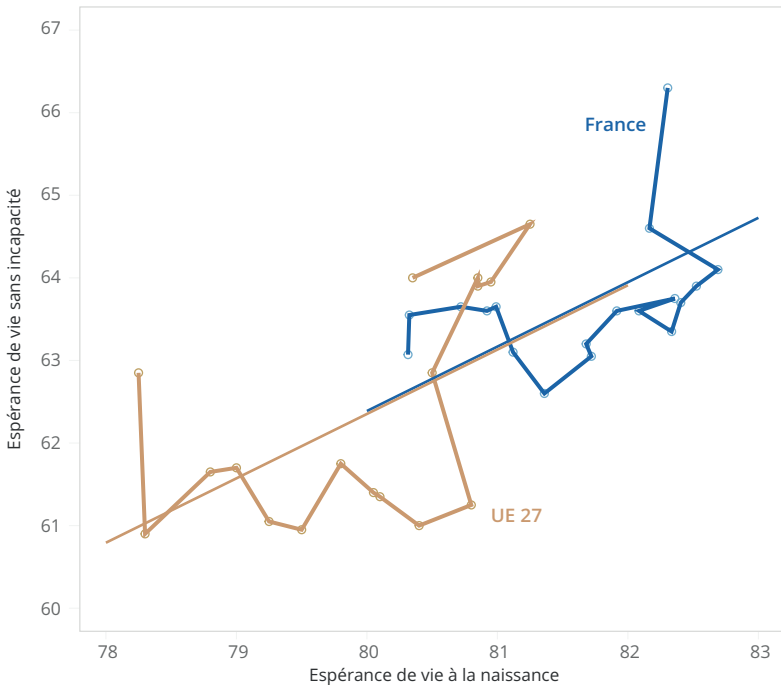
Cela ne sera plus le cas pour  $\bar{A}$  quelconque. Dans ce cas général, l'optimisation sous  $y = \pi A/T$  conduit à :

$$\frac{A}{T} = \frac{\alpha \bar{A}}{\alpha T + \beta \bar{A}} + \frac{\beta \bar{A}}{\alpha T + \beta \bar{A}} \frac{\bar{y}}{\pi} = \frac{(\alpha + \beta) \bar{A}}{\alpha T + \beta \bar{A}} \left( \frac{\alpha}{\alpha + \beta} + \frac{\beta}{\alpha + \beta} \frac{\bar{y}}{\pi} \right)$$

On retrouve entre parenthèses le même terme que sous les hypothèses de la première section, mais multiplié par le facteur  $(\alpha + \beta) \bar{A} / (\alpha T + \beta \bar{A})$  qui est inférieur à 1 si  $\bar{A} < T$ . Cette correction n'empêche pas que  $A$  puisse ensuite évoluer parallèlement à  $T$ , mais ce sera sous la condition que  $\bar{A}$  évolue du même pourcentage que  $T$ , *i.e.* que l'allongement de la durée de vie emporte un allongement de même ampleur de l'espérance de vie sans incapacité, si c'est le sens que l'on donne à la quantité  $\bar{A}$ .

Bien évidemment, cette espérance de vie sans incapacité est bien plus difficile à quantifier que la durée de vie totale. Si on se fie à la façon dont elle est recueillie dans l'Enquête européenne sur le revenu et les conditions de vie des ménages, on constate que, sur la période récente, l'hypothèse de proportionnalité avec l'espérance de vie totale peut être compatible avec l'observation, dans un rapport de 0,8 (graphique 8). C'est cette hypothèse de proportionnalité qu'on a utilisée pour la partie rétrospective du graphique 9 : elle conduit juste à réinterpréter les coefficients de la relation empirique entre âge de la retraite et espérance de vie totale, sans modifier l'ajustement. Par contre, en projection, on a distingué l'hypothèse a) où cette proportionnalité continuerait de prévaloir et l'hypothèse extrême inverse b) dans laquelle  $\bar{A}$  cesserait totalement de progresser après 2023, pendant que  $T$  poursuivrait une progression linéaire.

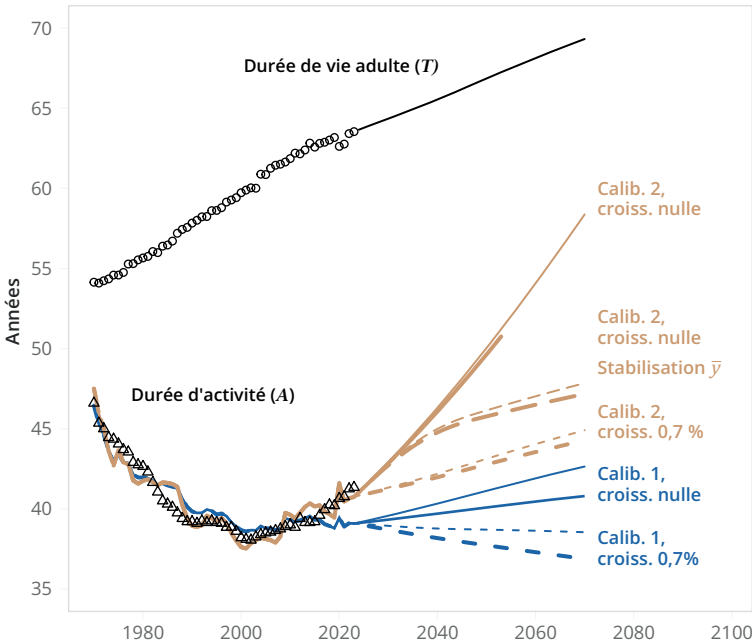
Graphique 8. Relation empirique entre espérance de vie totale et sans incapacité



INSEE et Eurostat, Enquête européenne sur le revenu et les conditions de vie, calculs des auteurs.

Note : Les régressions linéaires correspondent à des relations de proportionnalité stricte sans termes constants.

Graphique 9. Durée de vie totale et variantes de durée d'activité, selon calibrages, hypothèses de croissance et d'évolution de la pénibilité



INSEE et calculs des auteurs.

Note : Pour les projections de la durée d'activité  $A$ , les couleurs et types de traits correspondent aux mêmes calibrages et scénarios que sur le graphique 6. Pour chaque couleur et type de trait, la courbe en trait fin donne la trajectoire de  $A$  correspondant aux trajectoires de  $A/T$  du graphique 6, la courbe en trait épais est la projection obtenue sous l'hypothèse  $\bar{A} = 0,8T$ , de 1970 à 2023, puis cessant de progresser ensuite, malgré la hausse de  $T$ .

Les résultats sont cette fois présentés en niveau de  $A$ , comparé à l'évolution de  $T$  également en niveau. À cette différence de présentation près, la première hypothèse reproduit les évolutions du graphique 7 (ensemble des courbes en traits fins), la seconde hypothèse conduit à des trajectoires plus basses, même si la plupart restent des trajectoires à âge de la retraite croissant (ensemble des courbes en traits épais). On notera que, dans le scénario d'arrêt des progrès de productivité avec poursuite de la hausse de la norme de consommation au rythme de 0,7 % par an, le scénario débouche à terme sur une impossibilité d'assurer le niveau souhaité de  $\bar{y}$  avec une durée de vie active ne pouvant dépasser le  $\bar{A}$  stationnaire. De manière générale, le problème d'optimisation n'a plus de solution dès que  $\bar{y} > \pi \bar{A}/T$ , une situation dans laquelle ce scénario d'école nous place entre 2050-2060, date au-delà de laquelle la courbe n'est pas prolongée. À l'évidence,

face à une telle situation, la norme de niveau de vie  $\bar{y}$  devrait finir par s'ajuster, comme elle le fait dans le scénario où la stagnation de la productivité conduit à terme à la stagnation de cette norme.

## 2.2. Productivité variable selon l'âge

À ce stade, deux conditions apparaissent ainsi requises pour qu'un décalage de la durée d'activité proportionnel à l'allongement de la durée de vie adulte apparaisse optimal pour les intéressés : un profil par âge de pénibilité ou de préférence pour le loisir qui se décale du même pourcentage que la durée de vie totale, et une norme de niveau de vie évoluant comme la productivité globale. Ces deux hypothèses ne sont pas irréalistes, mais elles ne sont pas forcément parfaitement vérifiées, ce qui peut pousser aussi bien à une hausse moins rapide que plus rapide de la durée d'activité.

À ces deux conditions s'en ajoute une troisième, si on lève l'hypothèse de productivité indépendante de l'âge. La productivité  $\pi$  indépendante de l'âge conduisait à un volume de production sur cycle de vie  $\pi A$  proportionnel à la durée de vie active. Remplaçons cette expression par une fonction non décroissante  $F(A)$  quelconque, découlant d'une productivité  $F'(a)$  à l'âge  $a$ . La fonction à optimiser devient :

$$\alpha \log \left( \frac{F(A)}{T} - \bar{y} \right) + \beta \frac{\bar{A}}{T} \log(\bar{A} - A)$$

La durée optimale d'activité vérifie alors la première condition d'optimalité :

$$\alpha \frac{F'(A)/T}{(F(A)/T - \bar{y})} = \beta \frac{\bar{A}/T}{\bar{A} - A}$$

Soit  $A^*$  la solution de cette première optimisation et soient des hausses parallèles de  $\bar{A}$  et de  $T$  d'un même facteur  $\lambda$ . La question est de savoir quel nouveau profil  $F_\lambda(a)$  est requis pour que l'âge optimal se décale du même montant, *i.e.* pour que l'optimum de l'objectif modifié soit  $\lambda A^*$ . La nouvelle fonction à optimiser est :

$$\alpha \log \left( \frac{F_\lambda(A)}{\lambda T} - \bar{y} \right) + \beta \frac{\bar{A}}{T} \log(\lambda \bar{A} - A)$$

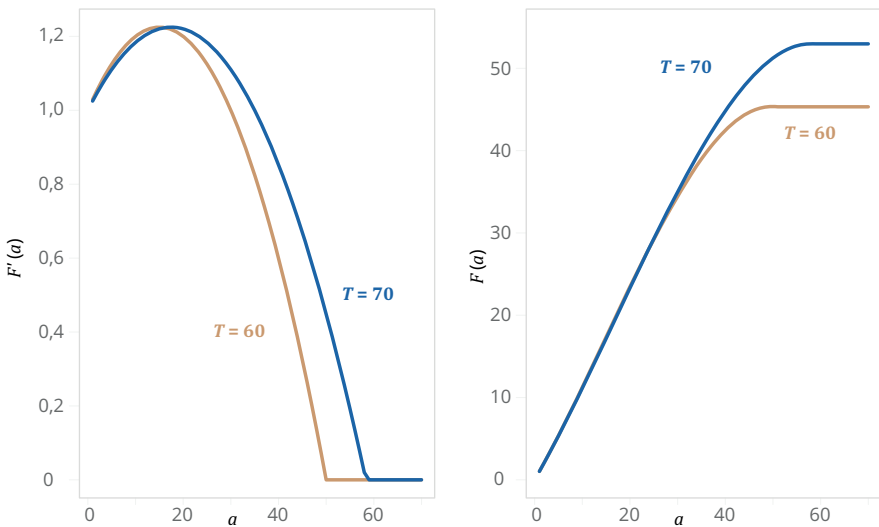
Et elle aura pour solution  $\lambda A^*$  si  $F_\lambda(A) = \lambda F(A/\lambda)$  puisqu'elle se réécrit dans ce cas :

$$\alpha \log \left( \frac{F(A/\lambda)}{T} - \bar{y} \right) + \beta \frac{\bar{A}}{T} \log \left( \bar{A} - \frac{A}{\lambda} \right) + \beta \frac{\bar{A}}{T} \log \lambda$$

qui, au dernier terme constant près, est identique à la première fonction objectif avec le changement de la variable  $A$  en  $A/\lambda$ .

Passer de  $F(A)$  à  $\lambda F(A/\lambda)$  signifie, en termes de productivité par âge, un passage de  $F'(A)$  à  $F'(A/\lambda)$ , donc une homothétie vers la droite du profil de productivité par âge, de ce même facteur  $\lambda$ , ce dont le graphique 10 donne un exemple pour des profils paraboliques de la productivité par âge. En l'absence d'une telle homothétie, le décalage de  $A$  parallèle à celui de  $T$  n'est plus garanti, même lorsqu'il y a décalage de  $\bar{A}$ . À la limite par exemple, s'il existe un âge auquel la productivité s'annule, si l'âge de la retraite en est proche, et si cet âge d'annulation de la productivité ne se déplace pas avec  $T$ , il y aura forcément un moment où il sera inutile de continuer à augmenter  $A$  en réponse à la hausse de  $T$ , même si on n'a pas buté sur la contrainte  $A < \bar{A}$ .

Graphique 10. Profils de productivité et de production cumulée par âge assurant un déplacement de  $A$  proportionnel à celui de  $T$  pour un passage de  $T = 60$  à  $T = 70$



Calculs des auteurs.

Dans cette section, on ne va pas proposer davantage de simulations montrant comment l'inertie du profil  $F(A)$  pourrait s'opposer à l'allongement de la durée de vie active, sauf à contrecarrer cette inertie par des politiques de formation, comme l'envisageait le modèle plus complet présenté en encadré. Mais on va repartir de cette spécification avec une fonction  $F(A)$  quelconque pour introduire, dans la troisième et dernière section, une contrainte de verdissement de la production.

### 3. Introduction d'une contrainte environnementale

Cette question de l'impact du besoin de verdissement sur le choix de la durée d'activité ne va être explorée que très sommairement, l'objectif est uniquement de montrer qu'il ne va pas de soi que ce verdissement passe nécessairement par une réduction du temps travaillé. Pour simuler ce verdissement, on va se contenter de réécrire la fonction  $F(A)$  précédente sous la forme  $\pi F(E, A)$ , où  $A$  sera toujours le volume de travail,  $E$  une consommation d'énergie ou de tout autre input polluant et  $\pi$  représentant, cette fois, le coefficient de productivité globale de ces deux facteurs. À quantité disponible ou autorisée  $E$ , la fonction à optimiser en  $A$  s'écrit :

$$\alpha \log \left( \frac{\pi F(E, A)}{T} - \bar{y} \right) + \beta \bar{A}/T \log(\bar{A} - A)$$

Pour la fonction  $F$ , on retiendra une forme CES, soit  $F(E, A) = (\gamma E^{(\sigma-1)/\sigma} + (1-\gamma)A^{(\sigma-1)/\sigma})^{\sigma/(\sigma-1)}$ , avec  $\sigma$  l'élasticité de substitution énergie/travail.

La condition du premier ordre du programme d'optimisation s'écrit :

$$\alpha \frac{\pi F'_A/T}{(\pi F(E, A)/T - \bar{y})} = \beta \frac{\bar{A}/T}{\bar{A} - A}$$

Cette condition peut se réécrire :

$$\frac{A}{T} = \frac{(\alpha + \beta)\bar{A}}{\beta \bar{A} \frac{F}{AF'_A} + \alpha T} \left( \frac{\alpha}{\alpha + \beta} + \frac{\beta}{\alpha + \beta} \frac{\bar{y}}{\pi F'_A} \right)$$



Dans le cas particulier où  $F$  est une fonction Cobb-Douglas ( $\sigma = 1$ ), le ratio productivité moyenne/productivité marginale  $F/(AF'_A)$  est constant et égal à l'inverse du coefficient de travail  $(1 - \gamma)$ . Il vient donc :

$$\frac{A}{T} = \frac{(\alpha + \beta)\bar{A}}{\beta\bar{A}/(1 - \gamma) + \alpha T} \left( \frac{\alpha}{\alpha + \beta} + \frac{\beta}{\alpha + \beta} \frac{\bar{y}}{\pi F'_A} \right)$$

qui redonne exactement l'optimum obtenu sans contrainte énergétique lorsqu'on pose  $\gamma = 0$ . Lorsque cette contrainte intervient, la baisse de  $E$  engendre un déclin de la productivité marginale du travail  $F'_A$  et donc un effet revenu négatif engendrant une hausse du ratio  $A/T$  (et en retour une nouvelle baisse de la productivité marginale), sauf si la norme de consommation  $\bar{y}$  s'adapte totalement à la productivité marginale du travail.

Cependant, même dans ce cas Cobb-Douglas et *a fortiori* avec la CES générale, l'optimisation n'a pas de solution analytique. On procède donc directement à des simulations. Celles du graphique 11 utilisent le calibrage en  $t = 2023$  de la section précédente pour les quatre paramètres  $T$ ,  $\bar{A}$ ,  $\bar{y}$ ,  $\alpha$  et  $\pi$ , et calculent l'optimum en  $A$  pour deux niveaux de recours à  $E$  ( $E = 50$  et  $E = 25$ ), deux valeurs de  $\sigma$  (1 et 0,25), avec dans les quatre cas une même valeur<sup>4</sup> de 0,10 pour le paramètre  $\gamma$ .

Le niveau  $E = 50$  permet de retrouver à peu près l'ordre de grandeur de 40 années pour la durée d'activité optimale, et, avec cette spécification, une division par deux du recours à  $E$  conduit à augmenter plutôt qu'à diminuer cette durée optimale. Elle est en effet équivalente à un choc négatif de productivité apparente du travail, qui, à valeurs fixes de tous les autres paramètres, et notamment à valeur inchangée de  $\bar{y}$ , fait arbitrer en faveur d'une durée d'activité plus longue : celle-ci est nécessaire pour se maintenir suffisamment au-dessus de ce seuil de niveau de vie minimal  $\bar{y}$ . L'ajustement requis est d'autant plus important que l'élasticité de substitution est faible et qu'il faut donc davantage de travail pour compenser le moindre recours au facteur énergie.

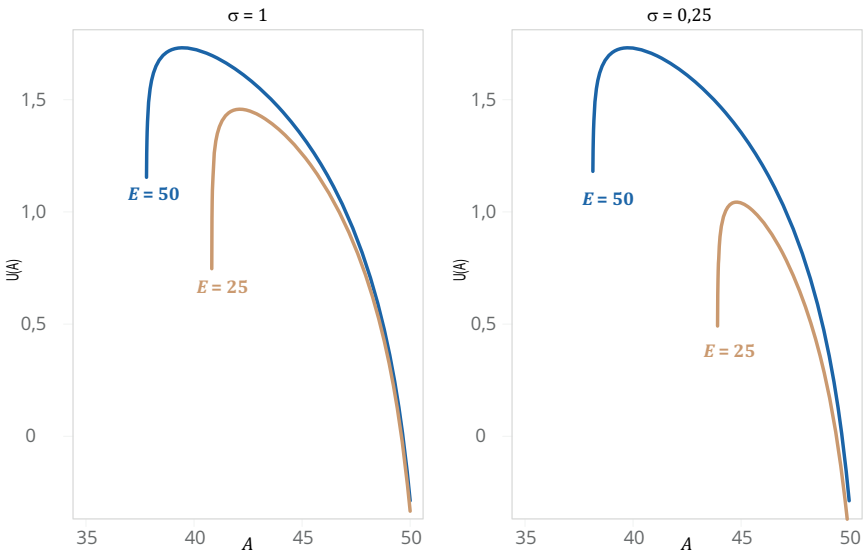
Le graphique 12 repart ensuite de valeurs intermédiaires de  $\sigma$  et  $E$ , à savoir  $\sigma = 0,75$  et  $E = 30$ , puis projette une diminution progressive de  $E$  au rythme de -2 % par an jusqu'au terme de la simulation. Pour se concentrer sur l'impact de cette baisse, on se place à démographie constante, *i.e.*  $T$  et  $\bar{A}$  fixes et, dans un premier temps, à valeur

---

4. La fixation du coefficient technique pour l'énergie permet de calibrer le poids de la dépense énergétique dans le PIB.

également inchangées de  $\pi$  et  $\bar{y}$ . On observe donc le même type de croissance requise pour  $A$  que sur le graphique 11, sans que celle-ci suffise complètement à compenser la baisse de productivité apparente du travail : il y a baisse de  $y$  et également baisse de l'utilité totale  $U$ , découlant à la fois de cette baisse de  $y$  et de la baisse de la durée de la retraite en bonne santé  $\bar{A} - A$ .

Graphique 11. Durée optimale d'activité pour deux niveaux d'intensité énergétique et deux hypothèses de substituabilité travail/énergie

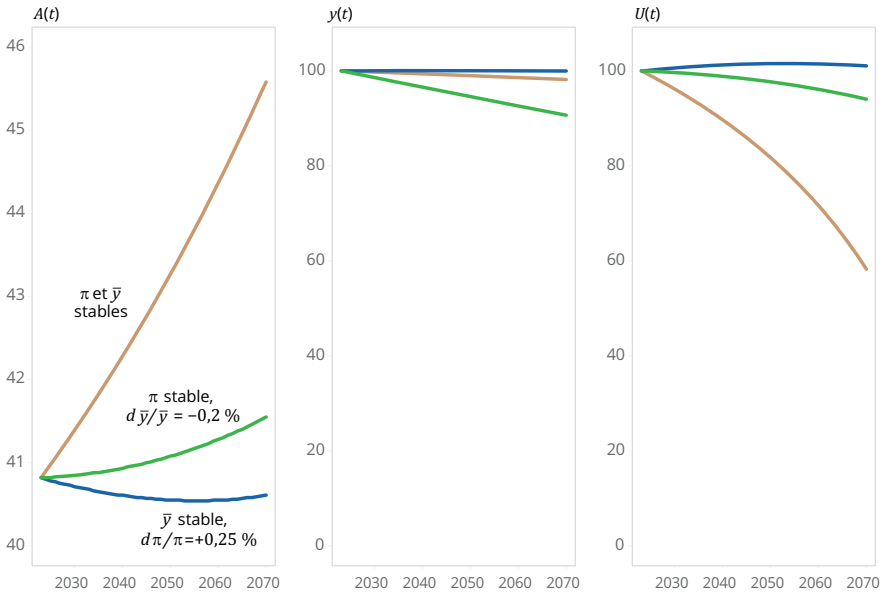


Calculs des auteurs.

Face à cela, deux scénarios permettent de limiter ou d'éviter la hausse de la durée d'activité et de préserver le niveau d'utilité, mais via des trajectoires très différentes pour  $y$ .

Le premier s'appuie sur une hausse de  $\pi$ , ici simulée au rythme de +0,25 % par an. Avec l'hypothèse retenue sur la fonction de production, ce niveau de croissance de la PGF est suffisant pour stabiliser l'ensemble des trois grandeurs d'intérêt. Ce scénario est « croissantiste » au sens où il continue de compter sur un rythme significatif de progrès technique, mais il n'est pas « croissantiste » au sens d'une poursuite de l'élévation de la productivité apparente du travail. De ce point de vue-là, c'est juste un scénario de stagnation. Il ne serait un scénario de croissance que pour une PGF plus dynamique.

Graphique 12. Durée d'activité, niveau de vie et bien-être pour trois trajectoires de sobriété énergétique



Calcul des auteurs.

Le second scénario est clairement « décroissant » au sens de  $y$  comme de la productivité apparente du travail. C'est un scénario à PGF constante dans lequel la productivité apparente du travail est tirée vers le bas par la baisse forcée de  $E$ . Ce qui y dispense d'augmenter la durée d'activité est un ajustement à la baisse de la norme de consommation incompressible  $\bar{y}$ . Elle est ici simulée au rythme de  $-0,2\%$  par an, sans suffire à complètement stabiliser la durée d'activité ni l'utilité<sup>5</sup> : il faudrait une décroissance un peu plus rapide que cela pour  $y$  parvenir, au rythme de  $-0,25\%$  par an, symétrique de la hausse de la PGF de la première variante.

Les hausse et baisse symétriques de  $\pi$  et  $\bar{y}$  requises pour stabiliser  $A$  restent dans cette simulation assez modérées, il n'en serait plus de même avec une plus faible substituabilité entre travail et énergie, et *a fortiori* si on réintroduisait une hausse de la durée de vie  $T$ .

5. Dans ce scénario avec évolution des préférences, on peut évidemment se poser la question de la comparabilité des niveaux d'utilité au cours du temps, lorsque les préférences se déforment (Blanchet, Pommeret et Pesme, 2023). Dans le cas présent on peut se contenter de l'interprétation que l'utilité n'est dérivée que de la part de la consommation qui excède le niveau  $\bar{y}$ , selon une formule qui, elle, ne dépend pas du temps.

## 4. Conclusion et questions ouvertes

Plusieurs variations d'un modèle rudimentaire ont été mobilisées pour analyser dans quel sens pèsent les différentes contraintes susceptibles d'affecter l'âge de la retraite. L'idée que la contrainte de longévité appelle une remontée parallèle de la durée d'activité n'est pas sans fondement. Elle est facilement réconciliable avec le fait que ce parallélisme n'ait pas prévalu dans le passé, grâce à quoi les systèmes de retraite ont pu apparaître puis se développer. L'explication est que, dans une première phase du développement de la protection sociale, l'effet revenu des gains de productivité est mis à profit pour à la fois élever le niveau de vie et réduire la part du temps travaillé sur l'ensemble de l'existence. C'est dans des systèmes matures que l'idée de coupler durée de vie et durée d'activité reprendrait ses droits, et on y voit souvent, à juste titre, une règle simple pour un pilotage plus fluide des systèmes de retraite : s'il était posé par principe de décaler les paramètres d'âge au fil des variations de l'espérance de vie, cela éviterait les ajustements par à-coups générateurs d'iniquités entre générations adjacentes, et retirerait un facteur d'instabilité aux projections financières des retraites, rendant celles-ci moins dépendantes des hypothèses d'espérance de vie future.

Plusieurs facteurs peuvent néanmoins inciter à dévier de cette règle, mais cela peut être aussi bien en faveur de moindres hausses comme de hausses plus rapides. Un argument en faveur d'une hausse moins rapide est le fait que la pénibilité ou le profil de productivité puissent ne pas se décaler au cours du temps au même rythme que la hausse totale de la durée de vie. À cela s'est ajoutée, depuis quelques années, l'idée d'opter pour un modèle de croissance plus sobre, semblant fournir un argument de plus en faveur du statu quo, voire d'une reprise de la baisse de la durée d'activité : polluer moins supposerait de produire moins et donc de travailler moins.

La modélisation que l'on vient de développer montre que ce nouvel argument n'est valable que sous une hypothèse additionnelle, d'ailleurs facile à comprendre, celle qu'on accepte également de consommer moins, et donc une évolution des préférences individuelles ou collectives qui irait bien dans ce sens. Le contexte actuel posé par la contrainte environnementale peut effectivement inviter à repenser les standards de vie. La capacité de chaque individu à mieux identifier ses besoins « essentiels » par rapport à ses besoins plus « futiles » faciliterait le développement d'une sobriété « heureuse ». Ce changement de

consommation au niveau individuel peut néanmoins nécessiter un changement de standard au niveau collectif<sup>6</sup>. Si on n'est pas prêt à cet ajustement, on peut être plutôt amenés à devoir travailler de nouveau davantage, à moins de compter sur des formes de progrès technique qui permettent de produire autant, voire davantage, à la fois en polluant moins et en travaillant moins.

À partir de ces quelques éléments de départ, le sujet offre de nombreuses ramifications. Une maquette agrégée ne permettait de considérer ni les inégalités de niveau de vie, ni la diversité des biens et services contribuant au bien-être de la population.

Côté inégalité des niveaux de vie, une moindre consommation globale n'empêche pas forcément de respecter les minimas de consommation des moins favorisés. Des approches par microsimulation, couramment utilisées pour la projection des retraites, permettraient d'évaluer les marges de manœuvre réellement disponibles de ce côté.

La question de la diversité des biens et services est plus complexe. Tous ne sont pas aussi fortement consommateurs d'énergie, et ce ne sont pas les mêmes profils de pénibilité ou de productivité par âge que l'on a pour la production de tous ces biens. Si on avait distingué biens et services indicés par  $i$ , et les secteurs les produisant, on aurait été amenés à différencier les paramètres techniques  $\pi_i$ ,  $\gamma_i$  et  $\sigma_i$ , mais également à envisager des  $\beta_i$  et des  $\bar{A}_i$ , spécifiques à chaque secteur, puisque pénibilité et âges d'inaptitude totale dépendent du type de métier. Le problème aurait alors été celui d'une allocation optimale du quota  $E$  et du travail total entre secteurs, avec éventuellement des âges de la retraite  $A_i$  différenciés selon ces secteurs, pouvant également tenir compte de différentiels d'espérance de vie totale  $T_i$ . La recherche de l'optimum social supposerait de savoir doser les efforts de sobriété et de productivité et les évolutions des temps travaillés d'une façon qui prenne en compte ces hétérogénéités. Par exemple, si la décarbonation d'une fonction à la fois essentielle et très énergivore suppose d'y

---

6. C'est ainsi que l'on peut lire les résultats de l'enquête « Sobriétés et modes de vie » de l'ADEME (2024). Ils se résument en quatre points : 1) « Les résultats mettent en évidence que la sobriété est une notion perçue plutôt positivement » ; 2) « Ils nous révèlent également un paradoxe manifeste entre des aspirations collectives à opter pour un modèle de société plus sobre et une assez rare remise en question de leurs propres pratiques » ; 3) « Les Français se sentent, dans l'ensemble, et à leur échelle, relativement peu concernés par les pratiques excessives qu'ils perçoivent dans le reste de la population » ; 4) « Adhérent très majoritairement à l'idée de s'imposer collectivement des règles visant à limiter l'impact de nos modes de vie sur l'environnement, ils attendent un engagement plus fort de l'État et des entreprises ».

déployer beaucoup plus de travail, mais s'il s'agit en même temps d'une production pour laquelle la pénibilité (resp. la productivité) croît (resp. décroît) rapidement avec l'âge, comment procède-t-on ? Faut-il qu'y soient affectées des parts croissantes de la population active mais jusqu'à des âges moins avancés ? Ensuite, une fois quittés ces métiers, la solution à privilégier est-elle l'arrêt total d'activité, ou la reconversion vers des métiers ne se heurtant pas aux mêmes contraintes ? Dans ce contexte multisectoriel, les adaptations peuvent aussi passer par une modification de la structure des préférences entre les différents types de biens ou services, en différenciant de la même manière les  $\alpha_i$  et les  $\bar{y}_i$ . Si la maquette très agrégée proposée dans cet article ne pouvait répondre à toutes ces questions, elle peut inspirer des modélisations plus riches qui permettraient de les considérer.

La sobriété résultant d'une moindre production interroge aussi sur les effets cumulatifs lorsque le progrès technique est endogène. Dans un tel contexte, la connaissance collective et les compétences individuelles se nourrissent des expériences acquises dans le cadre des processus productifs et des formations associées. Il est alors légitime de s'interroger sur l'existence d'une trajectoire de sobriété heureuse et fertile en innovations dans un contexte de contraintes environnementales<sup>7</sup>.

Par ailleurs, la contrainte environnementale se situe à un niveau planétaire, ce qui signifie qu'une approche nationale de la transition énergétique s'envisage seulement dans un cadre coordonné au niveau international entre pays développés, pays émergents et pays détenteurs d'énergies fossiles. Dans notre modèle, la coordination transite par un objectif fixé de trajectoire décroissante de consommation d'énergie fossile.

Pour finir, deux dernières complexités du monde réel que notre modélisation a ignorées sont a) le fait que le choix de l'âge de la retraite se fait aussi sous contrainte d'acceptabilité du niveau de prélèvements qu'il implique et b) le fait que la contrainte démographique ne se réduit pas à l'effet de la longévité. Sur le premier point, un âge de la retraite bas peut être socialement optimal mais pas réalisable s'il y a, simultanément, opposition au niveau élevé de transferts que suppose la gestion de longues périodes d'activité en fin d'existence. Sur le second point, on a rappelé plus haut le fait que, au moins jusque vers 2035 ou 2040, on gère aussi le contrecoup du baby-boom

---

7. Sur ce sujet, voir notamment Acemoglu *et al.* (2012).

conduisant à un vieillissement plus rapide que celui résultant des seuls gains d'espérance de vie courants. Il y a aussi le fait que, au-delà de cet horizon, les perspectives démographiques dépendent également des niveaux futurs des flux migratoires et de la fécondité. Sur ce dernier paramètre, l'argument environnemental est parfois mobilisé pour en accueillir favorablement la baisse. Polluer moins supposerait aussi d'être moins nombreux : l'affirmation a du sens. Mais, du même coup, l'équation d'équilibre des retraites s'en trouverait encore compliquée.

## Références

- Acemoglu D., P. Aghion, L. Bursztyrn et D. Hemous, 2012, « The environment and directed technical change », *American Economic Review*, vol. 102, n° 1, pp. 131-166.
- ADEME, 2024, *Baromètre Sobriétés et modes de vie. Pratiques, représentations et aspirations des Français en matière de sobriété. Rapport d'analyse*, Angers, ADEME.
- Albis H. d', 2007, « Demographic structure and capital accumulation », *Journal of Economic Theory*, vol. 132, n° 1, pp. 411-434.
- Ausubel J. et A. Grubler, 1995, « Working less and living longer: Long-term trends in working time and time budgets », *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 50, n° 3, pp. 195-213.
- Blanchet D., 2022, « Pour polluer moins, faut-il travailler moins ou bien travailler plus ? », *Blog de l'AFSE*, s. d., <https://www.blog-afse.fr/billet/pour-polluer-moins-faut-il-travailler-moins-ou-bien-travailler-plus>
- Blanchet D. et F. Le Gallo, 2013, « Baby-boom et allongement de la durée de vie : quelles contributions au vieillissement ? », *Insee analyses*, n° 12.
- Blanchet D., A. Pommeret et C. Pesme, 2023, *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Rapport thématique : Bien-être*, Paris, France Stratégie.
- Blanchet D. et F. Toutlemonde, 2008, « Évolutions démographiques et déformation du cycle de la vie active : quelles relations ? », *Revue économique*, vol. 59, n° 5, pp. 995-1021.
- Blanchet D. et F. Toutlemonde, 2011, « Inactivité, travail et formation : quel partage pour les gains d'espérance de vie ? », *Revue française d'économie*, vol. 26, n° 2, pp. 73-93.
- Bloom D. E., D. Canning et M. Moore, 2014, « Optimal retirement with increasing longevity », *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 116, n° 3, pp. 838-858.
- COR, 2023, *Évolution et perspectives des retraites en France. Rapport annuel*, Paris, Conseil d'orientation des retraites.

- Dynan K. E., 2000, « Habit formation in consumer preferences: Evidence from panel data », *American Economic Review*, vol. 90, n° 3, pp. 391-406.
- Elbaum M., 2022, « La protection sociale française est-elle en capacité de répondre à la montée des risques environnementaux et aux implications de la transition écologique ? », *Sciences Po, OFCE Working Paper*, n° 17/2022.
- Erosa A. et M. Gervais, 2002, « Optimal taxation in life-cycle economies », *Journal of Economic Theory*, vol. 105, n° 2, pp. 338-369.
- Fougère M., S. Harvey, J. Mercenier et M. Mérette, 2009, « Population ageing, time allocation and human capital: A general equilibrium analysis for Canada », *Economic Modelling*, vol. 26, n° 1, pp. 30-39.
- Heckman J. J., 1976, « A life-cycle model of earnings, learning and consumption », *Journal of Political Economy*, vol. 84, n° 4, pp. S11-S44.
- Kalemli-Ozcan S. et D. N. Weil, 2010, « Mortality change, the uncertainty effect and retirement », *Journal of Economic Growth*, vol. 15, n° 1, pp. 65-91.
- Lee R. et J. R. Goldstein, 2003, « Rescaling the life cycle: Longevity and proportionality », *Population and Development Review*, 29 (suppl.), pp. 183-207.
- Pisani-Ferry J. et S. Mahfouz, 2023, *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Rapport à la Première ministre*, Paris, France Stratégie.
- Pommeret A., M. Oliu-Barton, A. Robinet, M. Viennot et K. Schubert, 2023, *Les incidences économiques de l'action pour le climat. Rapport thématique : Sobriété*, Paris, France Stratégie.
- Sanchez-Romero M., H. d'Albis et A. Prskawetz, 2016, « Education, lifetime labor supply, and longevity improvements », *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 73, pp. 118-141.



## ANNEXE. Sensibilité de la durée optimale d'activité à l'évolution de l'espérance de vie et de la productivité globale des facteurs : formulation générale

Cette annexe réexpose les résultats des sections 1 et 2 dans une formulation plus générale. Comme dans l'ensemble de l'article, le niveau de bien-être moyen est décrit par une fonction croissante du niveau de vie  $y$  et la durée de vie  $T$  est décroissante avec la durée d'activité  $A$ . On garde une forme séparable mais on retient une forme plus générale :

$$U(y, A) = Tu(y - \bar{y}) + v(\bar{A} - A)$$

où  $u$  et  $v$  sont des fonctions quelconques ayant les bonnes propriétés de concavité  $u', v' > 0$  et  $u'', v'' < 0$  et où  $\bar{y}$  et  $\bar{A}$  sont respectivement des niveaux limites de niveau de vie (norme de consommation minimale) et de durée d'activité (espérance de vie sans incapacité). Le niveau de consommation par tête dépend de la production disponible, laquelle dépend positivement de la durée d'activité. Cette dernière s'exprime comme suit :

$$Ty = \pi f(A)$$

où  $\pi$  est la productivité globale des facteurs et où la fonction de production  $f$  a les propriétés usuelles de quasi-concavité  $f'(A) > 0$  et  $f''(A) \leq 0$ .

La maximisation de  $U$  en  $A$  sous la contrainte de production conduit à la condition du premier ordre suivante :

$$U'_A = \pi f'(A)u' \left( \frac{\pi f(A)}{T} - \bar{y} \right) - v'(\bar{A} - A) = 0$$

avec une condition du second ordre  $U''_A = \frac{(\pi f')^2}{T} u'' + \pi f'' u' + v'' < 0$  qui sera toujours satisfaite.

À partir de cette condition du premier ordre, on peut calculer la façon dont varie la durée d'activité par rapport aux deux variables  $\pi$  et  $T$ , en intégrant la covariation de  $\bar{A}$  et  $T$ . Il suffit d'égaliser à zéro sa différentielle totale par rapport à  $A$ ,  $\pi$  et  $T$ . Cette condition s'écrit :

$$0 = U''_A dA - \left( \frac{\pi^2 f' f}{T^2} u'' + \frac{d\bar{A}}{dT} v'' \right) dT + \left( f' u' + \frac{\pi^2 f' f}{T} u'' \right) d\pi$$

dont on tire :

$$dA = \left( \frac{\pi^2 f' f u''}{T^2 U_A''} + \frac{d\bar{A} v''}{dT U_A''} \right) dT - \left( f' \frac{u'}{U_A''} + \frac{\pi^2 f' f u''}{T U_A''} \right) d\pi$$

que l'on peut interpréter en

$$dA = \left( \zeta_T^{\text{effet durée de vie}} + \zeta_T^{\text{effet durée de vie sans incapacité}} \right) dT + \left( \zeta_\pi^{\text{effet substitution}} + \zeta_\pi^{\text{effet revenu}} \right) d\pi$$

avec

$$\begin{aligned} \zeta_T^{\text{effet durée de vie totale}} &= \frac{\pi^2 f' f u''}{T^2 U_A''} > 0 \\ \zeta_T^{\text{effet durée de vie sans incapacité}} &= \frac{d\bar{A} v''}{dT U_A''} \geq 0 \\ \zeta_\pi^{\text{effet substitution}} &= -f' \frac{u'}{U_A''} > 0 \\ \zeta_\pi^{\text{effet revenu}} &= -\frac{\pi^2 f' f u''}{T U_A''} < 0 \end{aligned}$$

Pour un niveau constant de productivité globale des facteurs, l'élévation de l'espérance de vie conduit toujours à une augmentation de la durée d'activité, même si  $\bar{A}$  reste inchangé ( $\zeta_T^{\text{effet durée de vie totale}}$ ). En effet, l'allongement de l'espérance de vie est aussi celui de la durée de consommation, ce qui réduit la consommation par tête à durée d'activité inchangée, et par voie de conséquence, augmente l'utilité marginale de la consommation. Par ailleurs, si on suppose qu'une plus longue espérance de vie est associée à une amélioration de l'état de santé qui rend moins pénible le travail aux âges élevés  $d\bar{A}/dT \geq 0$ , un second effet de baisse de la pénibilité marginale du travail ( $\zeta_T^{\text{effet baisse de la pénibilité}}$ ) encourage également l'allongement de la durée d'activité.

Pour un niveau constant de l'espérance de vie, une élévation marginale de la productivité globale des facteurs conduit à deux effets antagonistes sur la durée d'activité. D'un côté, l'effet substitution est positif ( $\zeta_\pi^{\text{effet substitution}} > 0$ ), traduisant le fait que chaque unité de travail étant plus productive, il est optimal de travailler plus longtemps. D'un autre côté, l'effet revenu est négatif ( $\zeta_\pi^{\text{effet revenu}} < 0$ ), traduisant le fait que la hausse de la productivité augmente le niveau de consommation

et réduit l'utilité marginale de cette dernière, il devient optimal de travailler moins longtemps. Le constat empirique conforte l'idée de spécifier une fonction d'utilité dans laquelle l'effet revenu domine l'effet substitution.