

CONSEIL D'ORIENTATION DES RETRAITES  
Séance plénière du 19 octobre 2016 à 9h30  
« Report de l'âge de la retraite : effets macroéconomiques »

|                       |
|-----------------------|
| <b>Document n° 12</b> |
|-----------------------|

|   |
|---|
| <i>Document de travail,<br/>n'engage pas le Conseil</i> |
|---|

**Vieillessement de la population active : vers une baisse de la productivité ?**

*Sandrine Levasseur (OFCE)*



# VIEILLISSEMENT DE LA POPULATION ACTIVE VERS UNE BAISSÉ DE LA PRODUCTIVITÉ ?

**Sandrine Levasseur**

*OFCE, Sciences Po*

---

Le vieillissement de la population active pose des défis importants pour notre potentiel de productivité macroéconomique notamment si, comme certains l'avancent, la productivité au travail diminue à partir d'un certain âge.

Dans cet article, nous nous intéressons tout d'abord aux résultats des études de neurosciences portant sur l'évolution des capacités cognitives (et physiques) chez le sujet vieillissant. Puis, nous passons en revue la littérature empirique sur le lien entre âge et productivité au travail. Nous concluons que si la littérature fait consensus sur la baisse des capacités cognitives et physiques au fur et à mesure du vieillissement, il n'en va pas de même pour le lien empirique entre âge et productivité au travail. Enfin, dans le cadre d'un travail statistique simple, nous avons analysé les réponses actuelles au vieillissement de la population active en termes de robotisation et de recours à l'immigration. Nous trouvons que la densité robotique est positivement et significativement corrélée au vieillissement de la population active future tandis que l'immigration au cours des vingt dernières années a considérablement ralenti le vieillissement de la population de certains pays développés. Finalement, notre potentiel de productivité macroéconomique nous semble moins lié au vieillissement de la population active qu'aux progrès de la robotique et de l'intelligence artificielle.

*Mots clés* : vieillissement, population active, productivité, capacités cognitives, robotisation, immigration.

---

**A**u-delà des défis qu'il pose en matière de retraite et de santé<sup>1</sup>, le vieillissement de la population pose aussi des défis importants pour le marché du travail (Blanchet, 2002). Il peut en effet induire

---

1. Sur la question des retraites (notamment de leur financement), le lecteur pourra consulter les nombreux travaux de l'OFCE. Sur les questions liées à la santé, le lecteur pourra consulter les travaux de l'INED.

une insuffisance de population active dans les pays proches du plein-emploi, et donc un problème quantitatif de disponibilité de la main-d'œuvre. Mais, il peut aussi poser un problème plus qualitatif si, comme certains l'avancent, la productivité au travail diminue au-delà d'un certain âge.

Cet article s'intéresse spécifiquement à la question de la productivité des travailleurs « âgés ». C'est en effet elle qui, dans un contexte de vieillissement de la population active, conditionne le potentiel de productivité macroéconomique et les solutions à y apporter si besoin, en matière de recul de l'âge de départ à la retraite et/ou de recours aux populations actives immigrées. Notons que la robotisation, qui constitue sans aucun doute la prochaine « grande » révolution technologique, constitue aussi une solution alternative au maintien d'un niveau de productivité élevé (Sachs *et al.*, 2015) et ce, indépendamment de l'âge des travailleurs.

La première partie dresse un état des lieux statistique sur le vieillissement de la population active française en projection et en comparaison internationale. Il s'agit notamment de savoir comment se positionne la France en termes de vieillissement de sa force de travail, si elle bénéficie en la matière d'un avantage relativement aux autres pays avancés. La seconde partie considère le lien entre âge et productivité au travail. Elle s'appuie sur les enseignements des études de neuro-sciences ou des tests psychométriques relatifs à l'évolution des capacités cognitives et physiques chez le sujet vieillissant. Elle est complétée par une revue de la littérature empirique sur le lien entre productivité et âge. La troisième partie analyse les réponses actuelles au vieillissement de la population active en termes de robotisation et de recours à l'immigration. Pour ce faire, nous effectuons un travail statistique simple, sur la base d'un échantillon de 17 pays, qui consiste à calculer les corrélations entre densité robotique et vieillissement de la population d'une part, et entre migrations et vieillissement de la population d'autre part. Nous trouvons que la densité robotique est positivement et significativement corrélée au vieillissement de la population active future tandis que l'immigration au cours des vingt dernières années a considérablement ralenti le vieillissement de la population de certains pays. La quatrième partie soutient que notre potentiel de productivité macroéconomique est moins lié au vieil-

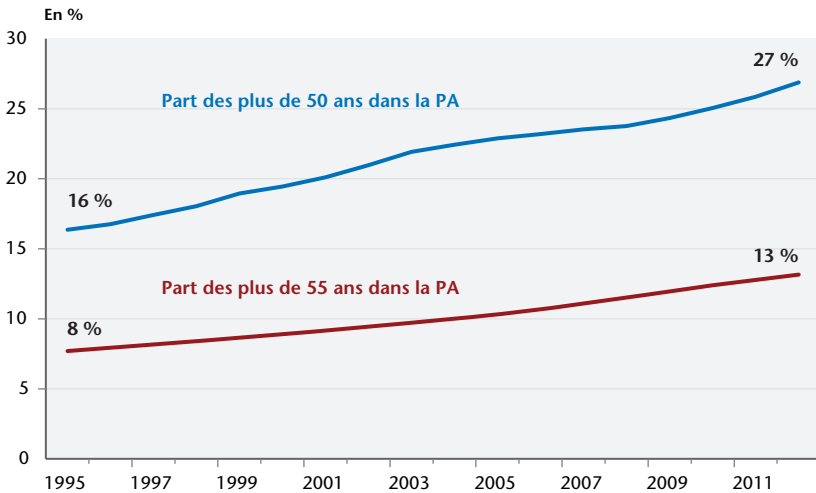
lissement de la population active qu'aux progrès de la robotique et de l'intelligence artificielle. La cinquième partie conclut.

## 1. État des lieux sur le vieillissement de la population active française

### 1.1. La population active française observée et projetée

Au cours des vingt dernières années, la population active française a (beaucoup) vieilli. C'est en effet au milieu des années 1990 que l'on observe le point de retournement de la part des travailleurs « vieillissants » dans la population active. La part des plus de 50 ans dans la population active française est passée de 16 % en 1995 à 27 % en 2012 (dernier chiffre disponible) et celle des plus de 55 ans de 8 % à 13 % sur la même période (graphique 1). En 20 ans, la part des travailleurs « vieillissants » a ainsi quasiment doublé.

Graphique 1. Part de la population active vieillissante dans la PA française

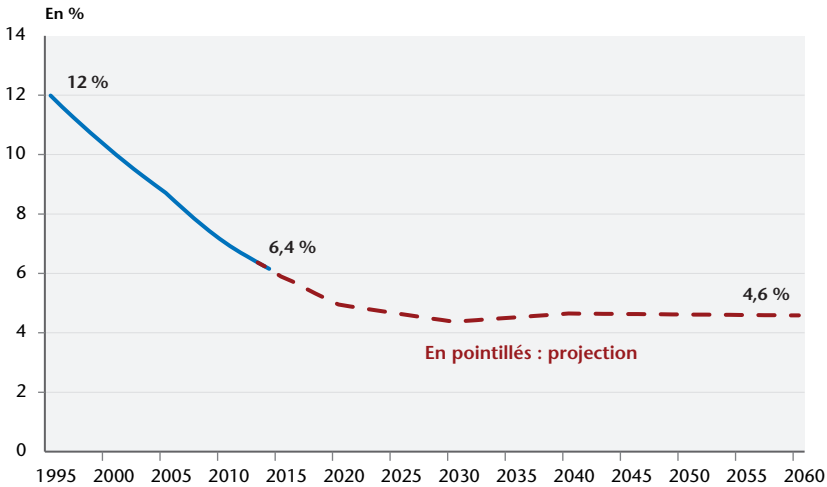


Source : INSEE, calculs de l'auteur.

Le milieu des années 1990 correspond à l'entrée progressive des premières générations de *baby-boomers* dans le groupe des plus de 50 ans alors même que les générations nées après 1975 sont légèrement moins nombreuses (Blanchet, 2002). Cela explique le poids croissant des plus de 50 ans dans la population active française au cours des vingt dernières années. Le processus de vieillissement de

la population active a toutefois commencé à décélérer du fait des départs à la retraite d'une grande partie des *baby-boomers* et les projections montrent que l'essentiel du vieillissement de la population active est déjà réalisé (graphique 2). Aujourd'hui, pour un actif de 55 ans et plus, la population active française comprend 6,5 actifs de 15 à 54 ans (contre 12 en 1995). Ce ratio devrait se stabiliser aux alentours de 4,5 à partir de 2030.

**Graphique 2. Ratio « actifs âgés de 15-54 ans » sur « actifs de 55 ans et plus » en France**

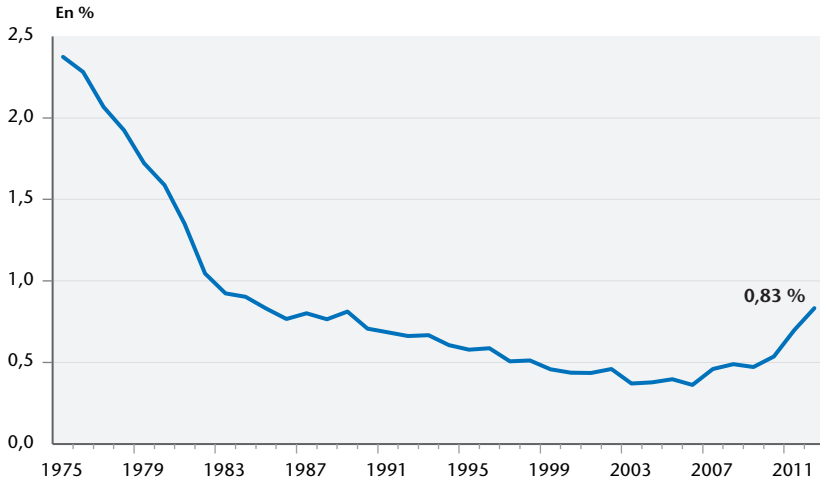


Source : INSEE, projections réalisées en 2010, calculs de l'auteur.

Les travailleurs de plus de 65 ans représentent aujourd'hui 0,8 % de la population active française (graphique 3). Cette part est en augmentation depuis 2006, année où elle avait atteint son point bas (0,36 %). En nombre absolu, cela correspond à 238 000 travailleurs de plus de 65 ans en 2012. L'assouplissement du régime de cumul « activité salariée/retraite » en 2009 explique en grande partie l'augmentation des actifs âgés de plus de 65 ans dans la population active : les plus de 65 ans représentent en effet la moitié de ceux qui cumulent activité salariée et retraite (source : CNAV). Les hommes et les femmes cumulent à peu près à part égale : 53 % de ceux qui cumulent sont des hommes. En projections pour 2060, l'INSEE prévoit un taux d'activité de 18 % pour les hommes âgés de 65 à 69 ans (contre 5,5 % aujourd'hui) et de 13 % pour les femmes du même âge (contre 3,5 % aujourd'hui), soit une multiplication

par un facteur entre 3 et 4 du taux d'activité des personnes de cette tranche d'âge.

Graphique 3. Part des travailleurs de plus de 65 ans dans la PA française



Source : INSEE; calculs de l'auteur.

## 1.2. La population (active) française en comparaison internationale

Pour effectuer des comparaisons internationales, nous ne disposons pas de données de population active homogènes par tranche d'âge, ni pour décrire le passé, ni en projection. Nous utilisons donc les données de population de la Banque mondiale : la part de la population âgée de 50 à 64 ans dans la population des 20-64 ans est utilisée comme *proxy* de la population active vieillissante dans les pays considérés<sup>2</sup>. Les résultats sont reportés dans le tableau 1.

Avec une part des 50-64 ans dans la population des 20-64 ans de 33 %, la France est aujourd'hui (*i.e.* en 2013) légèrement plus âgée que la moyenne des pays de l'échantillon (32 %). En 2025, elle atteindra son pic de vieillissement avec une part des 50-64 ans de 35 %. Mais, fait notable, le pic atteint par la France est bien inférieur à celui que devraient connaître l'Espagne (42 %), l'Italie ou le Portugal (41 %), l'Allemagne ou la Grèce (40 %).

2. L'échantillon de pays est celui de Graetz et Michaels (2015), à l'exception du Portugal, de façon à pouvoir mettre en relation les données de robotisation présentée dans Graetz et Michaels (2015) avec celles du vieillissement de la population active (voir partie 3 de cet article).

Tableau 1. Part de la population des 50-64 ans dans la population des 20-64 ans

En %

|                | 1990      | 2000      | 2010      | 2013      | 2020      | 2050      | Pic après 2013<br>(année) |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------------|
| DEU            | 30        | 30        | 32        | 35        | 40        | 38        | 40 (2020/2025)            |
| AUS            | 23        | 26        | 29        | 30        | 31        | 31        | 32 (2045)                 |
| AUT            | 26        | 28        | 30        | 32        | 37        | 34        | 37 (2020/2025)            |
| BEL            | 28        | 28        | 33        | 34        | 36        | 33        | 36 (2020/2025)            |
| KOR            | 19        | 21        | 27        | 30        | 35        | 40        | 40 (2035/2050)            |
| DNK            | 25        | 31        | 33        | 33        | 34        | 33        | 35 (2025)                 |
| ESP            | 28        | 26        | 28        | 30        | 35        | 34        | 42 (2030/2035)            |
| USA            | 22        | 25        | 32        | 33        | 33        | 33        | Pas de pic                |
| FIN            | 26        | 31        | 36        | 36        | 35        | 34        | Pas de pic                |
| FRA            | 26        | 28        | 33        | 33        | 34        | 32        | 35 (2025)                 |
| GRC            | 32        | 28        | 31        | 32        | 36        | 34        | 40 (2030/2035)            |
| HUN            | 29        | 29        | 33        | 32        | 31        | 36        | 39 (2040)                 |
| ITA            | 30        | 30        | 31        | 33        | 38        | 35        | 41 (2025/2030)            |
| IRL            | 23        | 25        | 26        | 27        | 30        | 30        | 36 (2035)                 |
| NLD            | 24        | 28        | 33        | 34        | 37        | 34        | 37 (2020/2025)            |
| PRT            | 29        | 28        | 30        | 32        | 35        | 38        | 41 (2035)                 |
| GBR            | 27        | 29        | 31        | 31        | 34        | 33        | 35 (2025)                 |
| SWE            | 26        | 32        | 33        | 32        | 33        | 32        | 33 (2020/2030)            |
| <b>Moyenne</b> | <b>27</b> | <b>29</b> | <b>31</b> | <b>32</b> | <b>34</b> | <b>34</b> | <b>37 (2030)</b>          |

Note : L'échantillon de pays est celui de Graetz et Michaels (2015), à l'exception du Portugal.

Source : Banque mondiale, calculs de l'auteur.

Une modification des comportements démographiques et migratoires pourrait cependant modifier le vieillissement de la population active potentielle. Les projections de population présentées ici reposent, en général, sur des flux migratoires assez proches de ceux observés au cours des deux dernières décennies. Or, les politiques migratoires peuvent évoluer pour, justement, pallier le vieillissement de la population. De plus, les individus eux-mêmes peuvent réagir à ce vieillissement et privilégier les pays où il crée des opportunités d'emplois et/ou de salaires. Les comportements démographiques, notamment en matière de natalité, sont également difficiles à prévoir. Pour ces raisons, les projections de population, et donc de vieillissement de la population pays par pays, à l'horizon de 2050 doivent être considérées avec beaucoup de prudence. Les projections à l'horizon de 2020 sont un peu moins sujettes à caution. Malgré tous ces préambules, la démogra-



phie naturelle de la France, du fait de sa forte natalité, nous permet d'anticiper un moindre vieillissement de la population active française, y compris à des horizons assez lointains.

## 2. Quel lien entre productivité et âge ?

### 2.1. Résumé du débat

Le débat sur le lien entre productivité et âge des travailleurs n'est pas nouveau (voir par exemple Godelier, 2007). Déjà, dans les années 1970, il s'agissait de « gérer la pyramide des âges ». Il a cependant gagné en importance au début des années 2000 lorsqu'il est apparu que le vieillissement de la population active dans les économies développées était non seulement avéré mais aussi irréversible au regard des projections démographiques. Pour rappel, ce débat intervient dans un contexte particulier, celui de l'introduction massive des nouvelles technologies de l'information et des communications (TIC) dans les entreprises. Le problème d'employabilité dont souffrent alors certains *seniors*, et qui se traduit par un taux d'emploi anormalement faible des personnes de plus de 50 ans dans beaucoup de pays européens, soulève des questions quant à la productivité des travailleurs vieillissants et à leur capacité d'adaptation aux nouvelles technologies<sup>3</sup>. Ainsi, selon Skirbekk (2003), l'expérience au travail, qui constituait auparavant un atout pour le travailleur vieillissant, est devenu un facteur de second ordre relativement à « sa capacité à absorber de nouvelles technologies ». Dans la mesure où l'adaptation aux changements technologiques sollicite des capacités cognitives qui diminuent avec l'âge, le travailleur « vieillissant » est perçu comme potentiellement moins productif qu'un travailleur « jeune » qui, en outre, est davantage éduqué. C'est dans ce contexte, résumé ici de façon un peu caricaturale, que doit être replacé le débat sur le vieillissement de la population active et ses conséquences potentiellement négatives sur le niveau de productivité *agrégée*. La robotisation des processus productifs et les progrès en matière d'automatisation relancent le débat, mais de manière un peu renouvelée : la substitu-

---

3. Voir Levasseur (2008) pour une réflexion sur l'employabilité des *seniors* dans un contexte de changements technologiques et organisationnels. Voir Guillou et Levasseur (2008) sur le lien entre intensité technologique des secteurs et taux d'emploi des seniors.

tion du capital au travail, résultant de l'introduction des robots et des processus automatisés, pourrait être plus importante que celle due à l'introduction des TIC (Graetz et Michaels, 2015 ; Frey et Osborne, 2013 ; Bakhshi *et al.*, 2015). Lors des prochaines décennies, les travailleurs vieillissants seraient ainsi encore davantage concurrencés par les jeunes travailleurs pour la réalisation des tâches (cognitives) non routinières mais surtout, c'est *l'ensemble* des travailleurs (jeunes, vieux) qui pourrait être concurrencé par les robots et l'intelligence artificielle.

## **2.2. La baisse des capacités cognitives avec l'âge : les enseignements des études en neurosciences**

Les capacités cognitives, entendues dans un sens large, se réfèrent au fonctionnement intellectuel de l'individu. Elles désignent un *ensemble d'habiletés mentales* « basiques » (telles que la perception, l'attention, la concentration, la mémorisation) et *les fonctions intellectuelles de haut niveau* (telles que la prise de décision et la résolution de problèmes).

Or, il est maintenant largement acquis – au regard des tests psychométriques et des nombreuses études en neurosciences – que les capacités cognitives de l'individu diminuent avec l'âge après avoir atteint leur maximum, généralement, aux alentours de 30 ans. Toutes les capacités cognitives suivent cette tendance mais, cependant, à des degrés divers.

Les données relatives à l'offre des capacités cognitives (et physiques) en fonction de l'âge peuvent être synthétisées en utilisant les résultats du test d'aptitude générale (*General Aptitude Test Battery* ou GATB<sup>4</sup>). Seules les capacités ayant une pertinence du point de vue du marché du travail sont considérées ici.

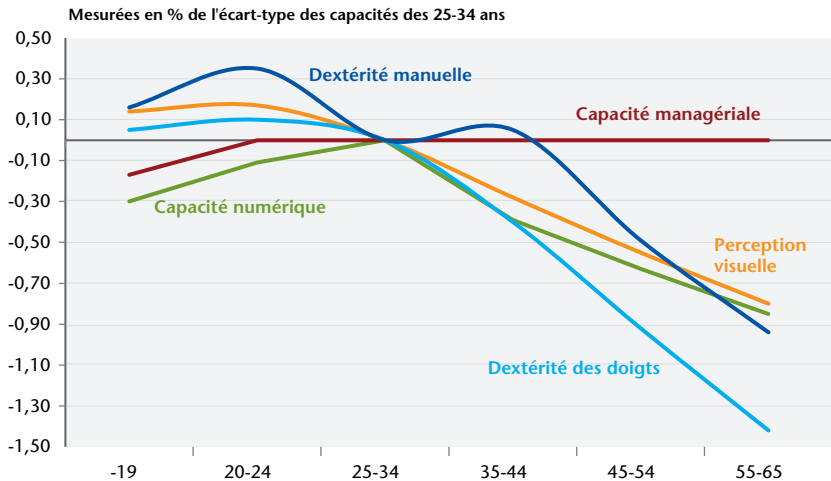
Au regard du graphique 4, fondé sur les données du GATB, il apparaît que les classes d'âge de plus de 35 ans connaissent une baisse relativement marquée de leurs capacités relativement à celle des 25-34 ans. Notamment, pour la classe des 55-65 ans, la baisse de capacités la plus prononcée concerne la dextérité des doigts et la dextérité manuelle, suivie des aptitudes numériques et de

---

4. Le GATB consiste en une évaluation détaillée des capacités de plus de 16 000 travailleurs américains, de sexe masculin et féminin, âgés de 16 à 65 ans, différents par leur emploi et leur éducation.

perception visuelle. À l'inverse, les capacités managériales (qui font essentiellement référence aux aptitudes verbales) demeurent pratiquement inchangées tout au long de la vie active.

**Graphique 4. Offre des capacités en fonction de l'âge relativement à la moyenne des 25-34 ans**



Source : Prskawetz et Lindh (2006).

Les tests psychométriques qui distinguent capacités fluides et cristallisées confirment les résultats précédents (tableau 2). Les capacités cristallisées (*i.e.* celles qui s'améliorent avec la connaissance accumulée, telles que l'aisance et la signification verbales) demeurent à un haut niveau fonctionnel jusqu'à des âges avancés. Par opposition, les capacités fluides (*i.e.* celles qui concernent la performance et la vitesse de résolution des tâches liées à de nouveaux matériaux) sont fortement réduites aux âges avancés (Schwartzman *et al.*, 1987 ; Rohwedder et Willis, 2010). L'impact délétère de l'âge sur les capacités fluides transite en grande partie par une réduction de la « mémoire de travail » (MDT), soit l'instance du système cognitif où sont stockées et manipulées les informations en vue d'accomplir une tâche cognitive quelconque (Braver et West, 2007). Deux autres facteurs contribuent à la baisse des capacités cognitives avec l'âge : une diminution de l'attention et de la vitesse de traitement (Lemaire, 1999). Une fois atteint l'âge adulte, l'individu vieillissant a ainsi davantage de difficultés à maintenir en MDT les informations lui permettant de trouver la

solution à un problème. De plus, il n'utilise pas les stratégies de résolutions des problèmes les plus efficaces ou alors exécute ces stratégies moins efficacement qu'un jeune adulte. La réduction de la MDT avec l'âge serait importante, de l'ordre de 10 % (Lemaire, 1999, p. 104).

**Tableau 2. Résultat au test psychométrique de Wechsler (test de WAIS\*)**

| Épreuves                            | Corrélation avec l'âge |
|-------------------------------------|------------------------|
| Vocabulaire                         | -0,09                  |
| Informations                        | -0,10                  |
| Compréhension                       | -0,10                  |
| Raisonnement arithmétique           | -0,13                  |
| Restitution d'une liste de chiffres | -0,18                  |
| Analogie                            | -0,27                  |
| Classement d'images                 | -0,37                  |
| Complètement d'images               | -0,38                  |
| Assemblage de cubes et d'objets     | -0,41                  |
| Substitution de chiffres            | -0,54                  |

\* Le WAIS consiste en une batterie de tests à l'attention des adultes afin de mesurer leur QI verbal (culturel) et leur QI de performance (aculturel). Wechsler inventa un mode de calcul par tranche d'âge jusqu'à 59 ans permettant de transformer les scores obtenus en une seule note dont la référence était fixée à 100 comme pour le QI. Ce test constituerait une analyse plus fine du type d'*intelligence* de la personne évaluée.

Source : Kaufman, Reynolds et Mac Lean (1989). En grisé, aptitudes verbales.

Au regard de la problématique qui nous intéresse, deux autres résultats issus des études en neurosciences sont plus encourageants. D'une part, le déclin des capacités cognitives avec l'âge est d'autant moins prononcé que le niveau initial de formation du travailleur est élevé (Salthouse, 1985 ; Adam *et al.*, 2007). Selon Friedland (1993), l'éducation augmente la densité synaptique et se traduit par une activité neuronale tout au long de la vie qui est physiologiquement bénéfique : les lésions cérébrales sont moindres et les capacités cognitives sont davantage maintenues à un âge avancé. D'autre part, même les individus ayant un niveau de formation initiale peu élevé peuvent freiner la baisse de certaines capacités par un « entraînement » continu (Skirbekk, 2003 ; Le Carret *et al.*, 2003). Selon Murray *et al.*, (2005), cet entraînement continu (ou son absence) explique pourquoi les professions intellectuelles sont moins touchées par le déclin cognitif que les professions manuelles : en exerçant davantage ses capacités cognitives au quotidien, le travailleur intellectuel connaît une baisse moins prononcée de ses capacités cognitives. Ainsi,

tandis que le niveau d'éducation n'a pas d'effet sur les performances des jeunes adultes pour la réalisation de tâches de raisonnement, les adultes âgés ayant un niveau d'éducation élevé ont de meilleures performances que ceux ayant un niveau d'éducation faible (voir les références citées par Lauverjat *et al.*, 2005). Dans un contexte de changements technologiques rapides et importants, les recommandations en matière de politiques sont claires : non seulement il faut veiller à ce que le niveau d'éducation initiale des individus soit élevé mais il faut aussi leur assurer une formation professionnelle continue et ce, d'autant plus que la formation initiale a été déficiente (Pelletan et Villemeur, 2012 ; Hämäläinen *et al.*, 2014). Concernant la formation initiale, Teichler (2007) avance en outre que, du fait de l'obsolescence rapide des connaissances et des besoins fréquents de s'adapter à un nouvel environnement technologique, les étudiants doivent de plus en plus « apprendre à apprendre » tandis que les compétences immédiatement mobilisables pour un usage professionnel sont de moins en moins pertinentes. Les avancées technologiques actuelles, notamment celles liées à la robotique, posent question quant à la capacité de nos systèmes éducatifs à s'adapter rapidement (Frey et Osborne, 2013).

### 2.3. Les enseignements des indicateurs d'espérance de vie

Les espérances de vie partielles (EVP) des individus âgés de 50 ans pour les 15 ans à venir (*i.e.* EVP 50-65 ans) constituent une autre façon de synthétiser l'impact du vieillissement sur les limitations fonctionnelles en fin de vie professionnelle (tableau 3)<sup>5</sup>. Les limitations physiques (définies comme les difficultés à marcher, se

---

5. Les limitations fonctionnelles sont établies sur la base d'auto-évaluations des personnes enquêtées. De ce fait, les limitations déclarées ne correspondent pas forcément aux « vraies » limitations des personnes. Elles présentent néanmoins un intérêt y compris dans ce cas, puisqu'elles correspondent au ressenti de la personne enquêtée, à la façon dont elle se perçoit « limitée » ou non. Or, cet aspect a des répercussions importantes sur sa motivation au travail et, *in fine*, sur sa productivité au travail.

Les résultats de deux enquêtes sont présentés. En effet, au-delà du ressenti de la personne enquêtée, la formulation des questions est importante. Ainsi, l'enquête ESPS ne fait pas de distinction dans le niveau de sévérité de la limitation, à l'inverse de l'enquête HSM. Par exemple, dans le cadre de l'évaluation des limitations cognitives, l'enquête ESPS explore le fait de ne pas arriver à se souvenir du moment de la journée tandis que l'enquête HSM comporte le degré « souvent » (Sieurin, Cambois et Robine, 2011, p. 26). A noter que dans les deux enquêtes, seules les limitations fonctionnelles ne pouvant pas être compensées par des aides techniques (appareillage auditif, ophtalmologique, ...) sont considérées.

pencher, attraper, ...) sont relativement importantes et peuvent représenter jusqu'à 4,5 années pour les femmes selon l'enquête HSM. Autrement dit, une femme âgée aujourd'hui de 50 ans passera en moyenne, au cours des 15 prochaines années, plus de 30 % de son temps (professionnel) avec des limitations physiques contre 17 % pour un homme du même âge selon l'enquête HSM. La différence homme/femme en termes de limitations physiques est cependant beaucoup moins marquée selon l'enquête ESPS qui ne fait pas de distinction dans le degré de sévérité de la limitation. Les limitations cognitives (définies comme les difficultés à se souvenir, comprendre, s'orienter, ...), moins importantes que les limitations physiques, sont un peu supérieures à une année. Du fait des EVP, les individus âgés de 50 ans aujourd'hui, hommes comme femmes, passeraient ainsi entre 8 à 10 % de leurs 15 prochaines années avec des troubles cognitifs déclarés comme pathologiques.

**Tableau 3. Espérance de vie partielle (50-65 ans) avec et sans limitations fonctionnelles**

|                               | Hommes                      |             | Femmes                      |             | Différence d'EVP*<br>avec limitation<br>entre les hommes<br>et les femmes<br>de 50 ans<br>(en années) |
|-------------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|---|
|                               | Années<br>(% EVP 50-65 ans) |             | Années<br>(% EVP 50-65 ans) |             |   |
|                               | Sans                        | Avec        | Sans                        | Avec        |   |
| <b>Limitations cognitives</b> |                             |             |                             |             |   |
| Enquête ESPS                  | 13,1 (92 %)                 | 1,15 (8 %)  | 13,1 (90 %)                 | 1,45 (10 %) | -0,3  |
| Enquête HSM                   | 12,8 (90 %)                 | 1,45 (10 %) | 13,4 (92 %)                 | 1,15 (8 %)  | 0,3   |
| <b>Limitations physiques</b>  |                             |             |                             |             |   |
| Enquête ESPS                  | 12,4 (87 %)                 | 1,85 (13 %) | 12,4 (85 %)                 | 2,15 (15 %) | -0,3  |
| Enquête HSM                   | 11,8 (83 %)                 | 2,45 (17 %) | 10,1 (69 %)                 | 4,45 (31 %) | -2,0  |

\* EVP pour « espérance de vie partielle » (ici espérance de vie pour les personnes âgées de 50 ans jusqu'à leur 65<sup>e</sup> année). Les EVP 50-65 ans sont pour les hommes et les femmes de, respectivement, 95 % et 97 %. Les EVP 50-65 ans sans et avec limitation ne sont donc pas égales à 15 ans (mais 14,25 ans et 14,55 ans respectivement).  
Source : Sieurin, Cambois et Robine (2011); calculs de l'auteur.

Selon Cambois *et al.* (2010), les espérances de vie en bonne santé (qui sont des indicateurs assez proches des espérances de vie sans limitation fonctionnelle) sont de bons prédictifs des comportements de cessation d'activité des travailleurs français. En la matière, seuls les agriculteurs font exception avec une espérance de vie en bonne santé dégradée et un âge de départ à la retraite parmi les plus élevés. « Ainsi, par rapport aux personnes déclarant avoir

cessé leur activité parce qu'elles avaient atteint l'âge de la retraite, la cessation d'activité pour motif de santé se traduit par une cessation d'activité anticipée de 5 ans chez les hommes et de 4,5 ans chez les femmes, toutes choses égales par ailleurs » (Cambois *et al.*, 2010). En outre, selon Barnay (2008), une mauvaise santé *perçue* joue un rôle négatif très significatif sur la probabilité d'être en emploi pour un homme après 50 ans, en la diminuant de 28 %.

Il est important de noter que ces résultats relatifs à l'état de santé de la population, et ses conséquences en termes d'emploi des travailleurs « âgés », dépendent en partie des institutions mises en place (*e.g.* système public de pré-retraite avant 2003, possibilité de percevoir une pension d'inaptitude, ...). Dans ce sens, on ne peut que souscrire à Gaullier (1988) et Godelier (2007) qui avancent que le concept de travailleur « âgé », et donc « inapte au travail », est une construction sociale qui varie historiquement selon les besoins des entreprises et l'état du marché du travail. « Dès lors que l'âge devient directement ou indirectement un critère de gestion et de sélection dans l'entreprise, (...) il amène les individus à intérioriser leur propre dévalorisation » (Gaullier, 1988). De ce point de vue, les résultats des études de neurosciences constituent une mesure bien meilleure des capacités cognitives que les indicateurs d'espérance de vie précédents : ils sont non dépendants de la subjectivité des personnes enquêtées dont les réponses, en outre, s'inscrivent dans un contexte social et institutionnel donné.

#### **2.4. Les limites des études de neurosciences au regard de notre problématique**

Les études de neurosciences comportent une limite importante au regard de la problématique qui nous intéresse : malgré la baisse des capacités cognitives avec l'âge, il est tout à fait possible que l'individu « vieillissant » dispose d'un stock de capacités suffisant pour mener à bien ses tâches et ce, de manière tout aussi efficace qu'un travailleur plus jeune. Poffenberg (1942) notait que si l'individu perd chaque année 1 à 1,5 % de ses capacités cognitives entre 25 et 50 ans, il travaille de toute façon rarement à sa capacité cognitive maximale. Si depuis lors, les modes de production ont évolué pour incorporer un fort biais technologique exigeant de plus en plus de capacités cognitives « hautes », il est encore malgré

tout vraisemblable que les capacités cognitives soient suffisantes à un âge avancé pour travailler de manière efficace et productive.

Au-delà de cette question du stock des capacités, l'individu au travail peut mettre en place des mécanismes de compensation lui permettant de réaliser sa tâche aussi efficacement qu'un travailleur plus jeune (*i.e.* dont les capacités sont moins amoindries). Salthouse (1984) remarquait ainsi que ce sont des mécanismes de compensation qui permettent aux secrétaires « âgées » d'avoir une aussi bonne performance au travail que les plus jeunes, malgré une vitesse de sténographie plus lente. La mise en place des mécanismes de compensation est largement permise par la connaissance accumulée, autrement dit par l'expérience au travail. C'est aussi l'expérience au travail qui peut permettre de compenser la diminution de la vitesse de traitement de l'information nécessaire pour mener à bien des tâches cognitives (Lemaire, 1999). Selon Prskawetz et Lindh (2006), à la fin des années 1990, l'expérience au travail constituait toujours le premier facteur d'employabilité d'un individu américain, loin devant les autres facteurs demandés par les entreprises (*e.g.* « la fixation de normes, limites et seuils de tolérance », « la connaissance des mathématiques » ou encore « la dextérité des doigts »). De plus, l'importance relative de l'expérience au travail n'a que peu diminué par rapport au début des années 1960<sup>6</sup>. Plus généralement, les estimations montrent que c'est à l'issue de dix années, en moyenne, que l'expérience au travail atteint sa « valeur maximale de marché » (Skirbekk, 2008). Dans les entreprises utilisant des technologies avancées, l'expérience au travail est cependant moins valorisée et donc demandée (Abowd *et al.*, 2007 ; Daveri et Maliranta, 2006) : le travailleur âgé perdrait ainsi son principal atout par rapport à un travailleur plus jeune (Skirbekk, 2003).

*In fine*, la question de la productivité au travail en fonction de l'âge du travailleur est de nature empirique. Tout dépend du poste de travail, de l'évolution de son contenu en tâches, de la complémentarité ou substitution entre les tâches effectuées par « la technologie » et celles réalisées par l'individu, dans un contexte de baisse des capacités cognitives avec l'âge mais potentiellement

---

6. Sur la question de l'expérience au travail, le lecteur pourra consulter Levasseur (2008, p. 163-165) pour davantage de détails.



suffisantes et/ou compensées par la connaissance accumulée. La motivation au travail constitue aussi un facteur important de la productivité d'un individu et, dans ce sens, la construction sociale de ce qu'est « être vieux » joue un rôle important.

## 2.5. Les enseignements des études empiriques sur le lien entre âge et productivité au travail

### *Les travaux réalisés au niveau de l'entreprise*

Ces travaux reposent tous sur la même méthodologie : la productivité des travailleurs au niveau de l'entreprise (mesurée en général comme sa production ou sa valeur ajoutée divisée par le nombre de travailleurs) est régressée sur la part des travailleurs de différentes tranches d'âge (éventuellement, l'âge moyen des travailleurs). Plus précisément, ces travaux mesurent la *contribution* des différentes tranches d'âge (*e.g.* travailleurs « jeunes », « matures », « âgés ») à la productivité globale de l'entreprise. Autrement dit, ces travaux ne fournissent pas une mesure directe de la productivité d'un travailleur « âgé » comparativement à celle d'un travailleur plus jeune (à poste de travail donné par exemple).

Les estimations sont très souvent contrôlées par tout un ensemble de facteurs : le niveau d'éducation des travailleurs et leur sexe, l'âge de l'entreprise et son secteur d'activité (pour les estimations en panel). Le cas échéant, les estimations peuvent être contrôlées par le stock de capital physique, l'utilisation des TIC ou encore par des chocs de productivité exogènes.

On dénombre une vingtaine d'études reposant sur cette méthodologie, études qui couvrent différents pays (France, Finlande, Allemagne, Belgique, ...). Le nombre d'études et de modèles estimés permet de réaliser une méta-analyse dont les résultats sont résumés dans le tableau 4<sup>7</sup>. Sur les 48 modèles estimés dans les 18 études, il ressort que 24 modèles mettent en évidence une relation en U inversée. En d'autres termes, dans 50 % des modèles estimés, la productivité augmente jusqu'à un certain âge puis diminue ensuite. Généralement, les estimations tendent à montrer que la

---

7. Le lecteur intéressé pourra soit consulter chacune des études, soit considérer les tableaux de Ours et Stoeldraijer (2010) ou ceux de Pfeifer *et al.* (2012) qui fournissent le cadre (pays, période, type et nombre d'observations, estimateur, variable expliquée, variables explicatives) de la plupart des études empiriques utilisées pour notre méta-analyse.

productivité commence à diminuer à partir de 50/55 ans. Mais, dans certains cas, et cela constitue la première limite de ces travaux, ce résultat est directement lié à la disponibilité des données : les tranches d'âge sont larges, avec une césure à 50 ou 55 ans et la tranche des travailleurs « âgés » incorpore tous les travailleurs de plus de 50 ans (ou 55 ans selon). Dès lors, l'âge précis à partir duquel la productivité baisse est très incertain. La seconde limite, plus forte que la première, est que ces travaux reposent tous sur le *nombre de travailleurs* par tranche d'âge et non sur leur *nombre d'heures travaillées*. Or, dans un certain nombre de pays, les institutions permettent aux travailleurs d'exercer tardivement une activité (e.g. après 70 ans en Suède), de bénéficier d'un aménagement du temps de travail ou d'un dispositif de départ à la retraite progressif. Dès lors, dans l'estimation de ces modèles, un nombre donné de travailleurs « âgés » travaillant à mi-temps ne pourra avoir qu'une contribution négative à la productivité de l'entreprise, comparativement à un même nombre de travailleurs « jeunes » mais exerçant à plein temps. Le biais lié à la non prise en compte des heures travaillées apparaît encore plus vraisemblable lorsque l'on sait que ces travaux, lorsqu'ils cherchent aussi à évaluer l'existence d'un différentiel de productivité hommes/femmes, concluent presque toujours en faveur d'une contribution négative des femmes à la productivité de l'entreprise<sup>8</sup>. Or, il est bien connu que du fait de leur plus grande propension à travailler à temps partiel, les femmes effectuent, en moyenne, moins d'heures de travail au sein des entreprises que les hommes.

Enfin, soulignons que la méthode d'estimation joue un rôle crucial dans l'évaluation du lien empirique entre productivité et âge (tableau 4). Si l'on ne considère que l'estimateur MMG (Méthode des Moments Généralisés), la relation devient alors majoritairement (*i.e.* à 54 %) non significative. On ne peut donc plus conclure que la productivité diminue avec l'âge du travailleur comme dans 60 % des cas avec l'estimateur MCO (Moindres Carrés Ordinateurs)<sup>9</sup>. Autrement dit, si l'on considère que l'estimateur MMG constitue un meilleur estimateur que celui des MCO car

---

8. Voir le tableau 1 de Pfeifer *et al.* (2012).

9. Nagarajan *et al.* (2013) notent aussi que le signe de la relation entre productivité et âge dépend fortement de la méthode d'estimation utilisée, les méthodes de type MCO ayant plutôt tendance à établir une relation négative.

permettant de résoudre les biais d'endogénéité (et de variables inobservables), alors la conclusion qui s'impose est celle d'une absence de relation entre productivité et âge au travail.

**Tableau 4. Méta-analyse des estimations empiriques sur le lien  
« productivité/âge des travailleurs »  
(études menées au niveau de l'entreprise ou de l'établissement)\***

|  | Relation U<br>inversée** | Relation<br>concave<br>croissante** | Relation non<br>significative | Total |
|--|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------|
| <b>Total</b>   | 24                       | 12                                  | 12                            | 48    |
| <b>dont MCO (panel, variables<br/>instrumentales; niveau<br/>et 1<sup>re</sup> différence)</b> | 21                       | 9                                   | 5                             | 35    |
| <b>MMG (1<sup>re</sup> différence,<br/>dynamique)</b>  | 3                        | 3                                   | 7                             | 13    |
| <b>Total</b>   | 50 %                     | 25 %                                | 25 %                          | 100 % |
| <b>dont MCO (panel, variables<br/>instrumentales; niveau<br/>et 1<sup>re</sup> différence)</b> | 60 %                     | 26 %                                | 14 %                          | 100 % |
| <b>MMG (1<sup>re</sup> différence,<br/>dynamique)</b>  | 23 %                     | 23 %                                | 54 %                          | 100 % |

\* Méta-analyse réalisée à partir de 48 modèles et 18 études.

\*\* **Relation en U inversée**: la productivité augmente jusqu'à un certain âge puis diminue ensuite. **Relation concave croissante**: la productivité augmente avec l'âge, mais de moins en moins vite.

Source : 18 études dont la liste est disponible auprès de l'auteur; calculs de l'auteur.

### Les études au niveau du secteur

Ces études, au nombre de trois, reposent sur une méthodologie proche de celle des études menées au niveau de l'entreprise : elles évaluent ainsi la contribution de chaque classe d'âge à la productivité mesurée au niveau sectoriel.

Sur données néo-zélandaises, la relation est non significative selon Tipper (2012). Sur données autrichiennes, Mahlberg *et al.* (2011) mettent en avant une corrélation positive entre la part des travailleurs âgés et la productivité sectorielle tandis que cette relation est non significative pour les travailleurs plus jeunes. Sur données finlandaises, Gronqvist (2009) trouve que les travailleurs âgés ont eu un impact négatif sur la productivité au cours de la période 1995-2005 et que le petit rajeunissement de la population active dans le futur (voir nos données dans le tableau 1) aura un effet positif sur la productivité au cours de la période 2010-2020.

### *Les études au niveau macro-économique*

Les études au niveau agrégé sont rares, comme dans le cas précédent.

L'étude de Maestas *et al.* (2014) porte sur les Etats Unis et s'intéresse au lien empirique entre pourcentage de population âgée de plus de 60 ans et croissance du PIB par tête au niveau des Etats sur la période 1980-2010. Les auteurs trouvent qu'une augmentation de 10 % de la population âgée de plus de 60 ans se traduit par une baisse du PIB par tête de 5,7 %. Cette baisse s'expliquerait pour moitié par la réduction de l'offre de travail (mesurée par le nombre de travailleurs par habitant, les heures travaillées par personne ou les revenus salariaux par tête) et pour l'autre moitié par la baisse de la productivité du travail (mesurée comme le PIB par travailleur ou par heures travaillées).

Feyrer (2007) trouve que les modifications de la structure par âge de la population active sont significativement corrélées avec les modifications de la productivité agrégée. Notamment, une augmentation de la population âgée de 40 à 50 ans se traduirait par une plus forte croissance de la productivité. Les différences de structures démographiques expliqueraient 25 % de la différence de productivité entre pays de l'OCDE et pays à faible revenus, la plus faible productivité de ces derniers s'expliquant par la jeunesse de leur force de travail.

Lisenkova *et al.* (2012, 2013) utilisent un modèle d'équilibre général calculable à générations imbriquées pour mesurer l'impact du vieillissement de la population (en termes quantitatif et qualitatif) sur la productivité (mesurée par le PIB par tête) en Ecosse. Les auteurs concluent en faveur d'un (fort) impact négatif du vieillissement de la population sur la productivité et ce, même si les générations vieillissantes accumulent du capital en vue d'accroître l'intensité capitaliste dans un contexte de moindre croissance de la population active. À l'horizon de 100 ans, la baisse de la productivité en Ecosse serait de l'ordre de 15 %, soit une « perte de bien-être considérable » (Lisenkova *et al.*, 2012, 2013). Boersch-Supan (2001), dont l'étude porte sur l'Allemagne, estime que la population active allemande devra être 15 % plus productive en 2035 qu'en 2010 du fait de sa raréfaction si l'objectif est de maintenir constant le niveau de consommation par habitant. Cela exigera de

trouver 0,45 point de croissance annuelle de la productivité. La simulation d'un modèle à générations imbriquées montre que l'augmentation de l'intensité capitaliste ne permettra pas d'en obtenir plus de 0,2 point. La structure par âge de la population active (*i.e.* une moindre productivité des cohortes vieillissantes) a peu d'impact sur le résultat, l'essentiel de l'effet du vieillissement sur la productivité transitant par la réduction de la force de travail.

### **Que faut-il en conclure ?**

Cette revue de la littérature montre que la relation entre productivité et âge des travailleurs n'est pas clairement établie au niveau empirique. Tout dépend de la méthode utilisée (MCO *versus* MMG) et du niveau d'analyse considéré (entreprise, secteur, pays/état). En outre, les estimations menées dans le cadre de modèles d'équilibre général calculable à générations imbriquées amènent plutôt à conclure que le vieillissement de la population (active) a un impact négatif sur la productivité mais davantage d'un point de vue quantitatif (raréfaction de la force de travail) que qualitatif (baisse de la productivité avec l'âge). Dans la mesure où les modèles d'équilibre général calculable « boucle » le système, explicite les comportements et interrelations entre différents types d'agents, et sont calibrés sur des données effectivement observées, ils fournissent des informations utiles quant à l'impact du vieillissement de la population sur la productivité. Conjointement aux estimations MMG, ils tendent à relativiser l'effet délétère de l'âge sur la productivité des travailleurs : l'impact du vieillissement de la population semble plus d'ordre quantitatif que qualitatif.

### **3. Les réponses actuelles au vieillissement de la population active en termes de robotisation et d'immigration**

Robotisation des processus productifs et immigration constituent deux solutions face au vieillissement de la population active. L'Allemagne constitue sans aucun doute l'exemple le plus emblématique du recours à ces deux solutions afin de lutter contre le vieillissement de sa population active mais aussi sa diminution<sup>10</sup>.

---

10. Le vieillissement de la population active allemande est une préoccupation ancienne. Voir par exemple Boersch-Supan (2001) qui, dans son scénario central, envisageait une baisse de population active allemande de 10 millions entre 2010 et 2050, soit une baisse de 25 % de la population active en 40 années. Voir aussi Fuchs (2001).

L'immigration de jeunes ingénieurs originaires de l'UE (Espagne, Grèce, ...) a été largement relayée par les médias : elle présente un double avantage puisque ces jeunes ingénieurs permettent aux entreprises allemandes de créer, de produire et de maintenir les robots dont elles ont besoin pour pallier le vieillissement de la population active<sup>11</sup>. Cependant, l'immigration en Allemagne concerne aussi des populations moins qualifiées, originaires d'Europe de l'Est, pour y travailler, par exemple, dans les secteurs de la construction. Mais plus généralement, qu'en est-il du lien entre vieillissement de la population et robotisation d'une part, et entre vieillissement de la population et immigration d'autre part ?

Répondre à ces deux questions n'est pas facile. Les données relatives à l'immigration sont fragiles et incomplètes, ne couvrant que les flux légaux et négligeant les flux infra-annuels de population<sup>12</sup>. Les statistiques relatives à la robotisation des processus productifs sont encore très rares. Dans ce qui suit, nous utiliserons les données de migrations nettes de la Banque mondiale, ce qui permet d'avoir des données homogènes et cohérentes avec celles du vieillissement de la population présentées dans le tableau 1. Les statistiques relatives à la robotisation sont celles fournies par Graetz et Michaels (2015, tableau 1) : elles portent sur deux années (*i.e.* 1993 et 2007) pour 17 pays (*i.e.* Australie, Autriche, Belgique, Danemark, Finlande, France, Allemagne, Grèce, Hongrie, Irlande, Italie, Pays Bas, Corée du sud, Espagne, Suède, Royaume Uni et Etats-Unis). L'exercice statistique que nous réalisons est élémentaire : il consiste à calculer de simples corrélations. Seuls les seuils de significativité de 1 et 5 % sont considérés comme pertinents (même si les seuils de 10 % sont également reportés).

### 3.1. Robotisation et vieillissement de la population

On observe une corrélation élevée (de l'ordre de 0,5-0,7) entre la densité robotique du pays (mesurée comme le stock de robots par million d'heures travaillées) et le vieillissement de sa population à l'horizon de 6 ou 8 ans (le vieillissement étant mesuré

11. À côté du Japon et des États Unis, l'Allemagne est en effet l'un des trois leaders mondiaux en matière de production des robots industriels (France Robots Initiatives, 2013). La production de robots de service, encore balbutiante, est moins concentrée et comporte davantage d'acteurs.

12. Notamment, les flux infra-annuels de population active sont nombreux entre l'Europe de l'Est et l'Europe de l'Ouest.

comme la part des 50-64 ans dans la population des 20-64 ans ; tableau 5). La robotisation des processus productifs s'inscrirait comme une réponse « anticipée » des entreprises au vieillissement de leur force de travail. Cette réponse anticipée aurait été plus forte en 2007 qu'en 1993, ce qui ne serait pas surprenant au regard de la forte baisse du prix des robots observée entre les deux années. Graetz et Michaels (2015) estiment ainsi que le prix des robots a baissé de 50 % sur la période 1990-2005 et même de 80 % si l'on considère des prix ajustés de la qualité des robots. La baisse du prix relatif des robots a, en toute vraisemblance, augmenté la substitution capital/travail.

**Tableau 5. Corrélation entre la densité robotique de 1993 ou 2007 et le vieillissement de la population (projecté après 2013)**

En %

| Vieillesse de la population      | 1993   | 1999   | 2001    | 2006    | 2011   |
|----------------------------------|--------|--------|---------|---------|--------|
| <b>Densité robotique de 1993</b> | 0,42** | 0,56** | 0,52**  | 0,39    | 0,42** |
| Vieillesse de la population      | 2007   | 2013   | 2015    | 2020    | 2025   |
| <b>Densité robotique de 2007</b> | 0,25   | 0,54** | 0,67*** | 0,68*** | 0,50*  |

*Le vieillissement de la population est calculée comme la part des 50-64 ans dans la population des 20-64 ans pour l'année considérée.*

*\* ; \*\* ; \*\*\* Significatif à 10 % , 5 % et 1 % respectivement.*

*Source : calculs de l'auteur à partir des données de la Banque mondiale pour la population et Graetz et Michaels (2015) pour la densité robotique.*

Il faut noter que tandis que la densité robotique de 1993 est négativement et significativement corrélée au taux de croissance futur de la population active (voir tableau 6), ce n'est plus le cas lorsque l'on considère la densité robotique de 2007. Autrement dit, tandis que l'anticipation d'un moindre accroissement de la population active serait allée de pair avec une plus forte robotisation en 1993, la robotisation de 2007 ne semblerait pas avoir répondu de manière significative à l'anticipation d'une moindre croissance future de population. Une telle conclusion nécessiterait de vérifier que la robotisation ne répond plus aux mêmes déterminants qu'au début des années 1990.

En résumé, aujourd'hui, la plus ou moins grande disponibilité de la main-d'œuvre ne semblerait plus être un déterminant significatif de la robotisation tandis que la structure de la main-d'œuvre (au travers de son vieillissement) a bel et bien un impact très significatif.

**Tableau 6. Corrélation entre la densité robotique de 1993 ou 2007 et le taux de croissance futur de la population des 20-64 ans (taux observé jusqu'au 2013)**

| En %                        |           |           |           |           |           |           |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Croissance de la population | 1993/1999 | 1993/2002 | 1993/2005 | 1993/2008 | 1993/2011 | 1993/2013 |
| Densité robotique de 1993   | -0,67***  | -0,65***  | -0,62***  | -0,58***  | -0,54**   | -0,53**   |
| Croissance de la population | 2007/2013 | 2007/2014 | 2007/2017 | 2007/2020 | 2007/2023 | 2007/2026 |
| Densité robotique de 2007   | -0,25     | -0,30     | -0,30     | -0,32     | -0,33     | -0,37     |

La population considérée est celle des 20-64 ans. La variable utilisée est le taux de croissance annuel moyen sur la période spécifiée.

\* ; \*\* ; \*\*\* Significatif à 10 % , 5 % et 1 % respectivement.

Source : calculs de l'auteur à partir des données de la Banque mondiale pour la population et Graetz et Michaels (2015) pour la densité robotique.

### 3.2. Immigration et vieillissement de la population active

Le tableau 7 met en avant une assez forte corrélation négative et significative entre migrations nettes ( $M_t$ ) et vieillissement de la population « anticipée » ( $V_{t+i}$ ). Seules les migrations nettes observées à la fin des années 1980/au début des années 1990 font exception : dans ce cas, la corrélation entre les migrations et le vieillissement futur de la population est clairement positive et significative. En d'autres termes, à cette exception près, l'immigration irait de pair avec un rajeunissement de la population du pays d'accueil.

Il faut noter que la relation positive entre les migrations nettes de la période 1988/1992 et le vieillissement de la population du pays d'accueil pourrait s'expliquer par les retours des populations d'Europe de l'Est vers leur pays d'origine du fait de la chute du Mur de Berlin. Ainsi, la corrélation positive chute fortement pour devenir non significative lorsque l'Allemagne et l'Autriche sont exclues de l'échantillon. Ces migrations du début des années 1990 ont répondu à des motifs politiques et non économiques. Elles ont concerné des populations âgées (voire très âgées) et pas seulement de potentiels actifs (avec leur enfants). Elles n'ont donc pas pu contribuer à freiner le vieillissement de la population du pays d'accueil à l'inverse de ce que l'on a observé pour les migrations ultérieures.

Un exercice de régression linéaire suggère qu'un point de migrations nettes supplémentaire (en pourcentage de la population) sur la période 1993/2012 s'est traduit par une baisse du taux de vieillis-



sement de la population (mesuré comme la part des 50-64 ans dans la population des 20-64 ans) de 1,09 point en 2013. Pour certains pays de notre échantillon, le frein constitué par les migrations nettes en termes de vieillissement de la population est non négligeable. Ainsi, en 2013, en l'absence de migrations nettes, l'Espagne et l'Australie auraient eu une part des 50-64 ans dans la population totale supérieure de 4 points (voir tableau 1). En Irlande, cette part aurait été supérieure de 3 points et, aux USA et en Italie, supérieure de 2 points<sup>13</sup>. Si l'objectif des gouvernements est de lutter dans les années à venir contre les pics de vieillissement exposés dans le tableau 1, le recours à l'immigration devra être particulièrement important dans certains pays.

Tableau 7. Corrélation entre migrations nettes et vieillissement

En %

| Viellissement | Migrations nettes |               | $M_t$         |               |               |               |               |
|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|               | 1988/<br>1992     | 1993/<br>1997 | 1998/<br>2002 | 2003/<br>2007 | 2008/<br>2012 | 2013/<br>2017 | 2018/<br>2022 |
| 1992          | 55**              |               |               |               |               |               |               |
| 1995          | 56**              |               |               |               |               |               |               |
| 1998          | 50**              |               |               |               |               |               |               |
| 2001          |                   |               |               |               |               |               |               |
| 2004          |                   |               |               |               |               |               |               |
| 2007          |                   |               | -46*          |               |               |               |               |
| $V_t$ 2010    |                   |               | -57**         |               |               |               |               |
| 2011          |                   |               | -59**         |               |               |               |               |
| 2012          |                   |               | -60***        | -41*          |               |               |               |
| 2013          |                   |               | -59**         | -45*          |               |               |               |
| 2015          |                   |               | -50**         | -46*          |               |               |               |
| 2020          |                   |               |               |               |               | -43*          | -44*          |
| 2025          |                   |               |               |               | -44*          | -49**         | -49**         |
| 2030          |                   |               |               |               | -50**         | -54**         | -50**         |

Le vieillissement de la population est calculée comme la part des 50-64 ans dans la population des 20-64 ans pour l'année considérée. Les migrations nettes sont exprimées en pourcentage de la population totale au cours de la période (de 5 ans) considérée.

\* ; \*\* ; \*\*\* Significatif à 10 % , 5 % et 1 % respectivement. Pour des raisons de lisibilité, seules les corrélations significatives à ces seuils sont reportées dans le tableau.

Source : Calculs de l'auteur à partir des données de la Banque mondiale pour la population et les migrations nettes.

13. Les résultats sont qualitativement équivalents si l'on considère la moyenne des migrations nettes sur la période 1998/2012.

## 4. De l'introduction massive des TIC à la robotisation et à l'automatisation

### 4.1. Quels enseignements tirer de l'introduction massive des nouvelles technologies dans les entreprises ?

Au cours des 20 dernières années, l'introduction dans les entreprises des nouvelles technologies (TIC, ordinateurs, robots, ...) a eu un impact majeur sur le contenu en tâches d'un grand nombre de postes de travail ainsi que sur les capacités requises pour exercer un emploi (Autor *et al.*, 2003 ; Goos et Manning, 2007; Autor et Dorn, 2013). Dorénavant, dans les secteurs manufacturiers, un certain nombre de tâches routinières sont effectuées grâce à l'usage des nouvelles technologies (Goos, 2013). Du fait de l'automatisation et de la programmation par ordinateur des tâches routinières telles que la fabrication, l'assemblage ou le contrôle, la substitution « capital/travail peu qualifié » a été forte dans des secteurs tels que l'automobile, l'électronique, la métallurgie ou encore l'agro-alimentaire. En revanche, l'introduction des nouvelles technologies a relativement épargné les activités de service nécessitant assez peu de qualifications mais requérant une certaine flexibilité et adaptabilité physiques (soins à la personne, magasinage, gardiennage, etc.). Enfin, l'ordinateur, et plus généralement les TIC, se sont inscrits en compléments plutôt qu'en substitut du travailleur qualifié. Les travailleurs les plus qualifiés ont ainsi vu leur emploi préservé mais aussi leur productivité augmenter puisque l'usage des TIC leur permet de réaliser leurs tâches cognitives non routinières de manière plus efficace. Les travailleurs moins qualifiés des secteurs manufacturiers ont perdu leur emploi lorsque les nouvelles technologies les ont remplacés dans leurs tâches routinières ou alors ont changé d'emploi pour travailler dans les services intensifs en travail manuel non concurrencés par les nouvelles technologies (Autor et Dorn, 2013). En résumé, du fait de l'introduction de l'ordinateur, on a assisté à une polarisation de l'emploi aux deux extrêmes de l'échelle des qualifications. Cette polarisation de l'emploi a été observée sur données américaines (Autor *et al.*, 2006 ; Autor et Dorn, 2013) et européennes (Goos *et al.*, 2009).

Si, dans les premiers temps de l'introduction des nouvelles technologies, un effet « anti-âge » a pu apparaître au sein des entreprises, notamment à l'encontre des ouvriers âgés de plus de 50 ans

(Ananian et Aubert, 2006), les effets « anti-âge » semblent s'être amoindris au fil du temps. Tout d'abord, les seniors d'aujourd'hui ont dorénavant 20 ans d'expérience au travail avec les TIC, ce qui n'était pas le cas des seniors de la seconde partie des années 1990. Ils ont aussi un niveau d'éducation initiale (bien) supérieur. Enfin, les institutions en place ont pu favoriser le biais « anti-âge » au sein des entreprises au moment où elles introduisaient massivement les nouvelles technologies. Par exemple, en France, le système public de pré-retraite a pu pousser hors du marché du travail les travailleurs qui se pensaient inaptes à l'utilisation des nouvelles technologies. De même, la contribution Delalande, en instaurant des coûts de licenciements plus élevés pour les travailleurs de plus de 50 ans, a pu dissuader les entreprises « innovantes » d'embaucher des travailleurs âgés, afin de ne pas risquer d'être redevables ultérieurement de cette taxe (Behagel *et al.*, 2004)<sup>14</sup>.

#### **4.2. Quelle employabilité et productivité des travailleurs (vieillissants) dans un contexte de robotisation et d'automatisation ?**

Depuis quelques années, les progrès en robotique suscitent des travaux de recherche (pour l'instant, essentiellement théoriques) dont l'un des objectifs est d'en évaluer l'impact sur l'emploi. Si cette littérature ne traite pas spécifiquement de la question de l'employabilité et de la productivité des travailleurs vieillissants, elle permet cependant de tirer quelques enseignements quant aux capacités et qualifications requises pour exercer un emploi dans les prochaines décennies.

Le premier constat de cette littérature est que jusqu'à maintenant, l'ordinateur s'est principalement substitué aux tâches routinières (à la fois physiques et cognitives), c'est-à-dire aux tâches répétitives clairement définies pouvant faire l'objet d'une programmation, tandis qu'il est devenu complémentaire au travail humain pour la réalisation de tâches cognitives non routinières. Le second constat est que les progrès technologiques futurs n'auront pas pour conséquence une simple accentuation des tendances passées (Graetz et Michaels, 2015 ; Frey et Osborne, 2013). Selon les « alarmistes », les progrès en robotique et en intelligence artificielle

---

14. Durant les années 2000, l'accès aux dispositifs publics de pré-retraite a été de plus en plus restreint (tandis que les pré-retraites « maison » sont devenues de plus en plus taxées). La contribution Delalande a été supprimée à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2008.

auront un effet dévastateur sur l'emploi. D'une part, les travailleurs peu qualifiés, qui exerçaient jusqu'à maintenant dans les secteurs de service (gardiennage, ménage, soins à la personne, ...), seront en concurrence directe avec les robots pour la réalisation de leur tâche, les robots étant de plus en plus « autonomes », capables d'opérer dans un environnement changeant, d'interpréter des scènes complexes et d'en déduire l'action appropriée. Le robot et plus généralement, la « machine intelligente », se substitueront donc au travailleur pour la réalisation de tâches non routinières et cela concernera aussi les travailleurs qualifiés (par exemple pour la réalisation d'un diagnostic médical). Finalement, seuls « le sacerdoce, la psychologie et l'éducation » échapperont à ce mouvement de robotisation et d'automatisation des tâches (Sachs *et al.*, 2015). Si Frey et Osborne (2013) offrent une vision du mouvement à l'œuvre plus tempérée en termes d'effets sur l'emploi, ils soulignent en même temps que « la capacité des programmeurs à écrire l'ensemble des règles et procédures qui dirigent efficacement la technologie dans chaque éventualité possible » et qui donc conditionne la capacité des ordinateurs à réaliser des tâches non routinières, ne doit pas être sous-estimée, y compris dans un futur proche. À titre d'exemple, Frey et Osborne (2013) donnent celui des voitures autonomes qui, il y a dix ans, semblait relever de la science-fiction mais qui est aujourd'hui une réalité.

Frey et Osborne (2013) ont évalué la probabilité d'automatisation de 702 professions exercées aux Etats-Unis et trouvent qu'à terme, 47 % des emplois américains sont menacés. Le même exercice reproduit pour le Royaume-Uni porte à 35 % les emplois menacés par l'automatisation (Knowles-Cutler *et al.*, 2014) et à 42 % pour la France (Roland Berger Institute, 2014). L'impact sur l'emploi est donc potentiellement non négligeable. Les professions exigeant de « la créativité, du sens artistique, ou de l'intelligence sociale et du contact humain, qu'elles se rapportent à un métier manuel et intellectuel, peu ou bien qualifié » seront épargnées par l'automatisation (Roland Berger Institute, 2014)<sup>15</sup>. Dans la mesure où beaucoup de ces professions exigent des capacités cognitives qui diminuent peu avec l'âge (*i.e.* des capacités cristallisées), la question de l'âge « optimal » du travailleur pour exercer ces professions

---

15. Voir Bakhshi *et al.* (2014) pour un même constat.

ne se pose pas. À certains égards, on peut même considérer qu'un travailleur expérimenté puisse bénéficier d'un avantage comparatif par rapport à un travailleur plus jeune. Par exemple, un médecin « âgé » pourrait faire preuve de plus d'empathie qu'un jeune médecin pour annoncer à son patient qu'il est atteint d'une maladie grave, diagnostiquée par une « machine intelligente ».

À l'opposé de cette vision « alarmiste », Autor (2014) soutient qu'un grand nombre de tâches ne pourront faire l'objet d'une programmation tout simplement parce que, reprenant à son compte Polanyi (1966), nous en savons plus que ce que nous sommes en mesure d'exprimer<sup>16</sup>. « Notre connaissance tacite de la façon dont le monde fonctionne dépasse très largement notre compréhension explicite » (Autor, 2014). De ce fait, les tâches qui exigent flexibilité, jugement et bon sens (*i.e.* des qualifications que nous connaissons seulement tacitement) pour, par exemple, développer une hypothèse ou organiser un placard, seront très difficiles à programmer. Selon Autor (2014), l'ordinateur continuera à jouer le rôle qu'il a joué jusqu'à maintenant : il s'inscrira comme un substitut au travail humain pour les tâches routinières tandis qu'il amplifiera l'avantage comparatif des travailleurs pour la résolution des tâches exigeant raisonnement, adaptabilité et créativité. En conséquence, la polarisation du marché du travail avec d'une part, des travailleurs qualifiés et bien rémunérés et d'autre part, des travailleurs peu qualifiés et mal rémunérés, s'accroîtra.

Plus généralement, les travaux ayant trait aux conséquences de la robotisation sur l'emploi remarquent que jusqu'à maintenant, la société a toujours su faire preuve d'ingéniosité pour s'adapter aux changements technologiques majeurs et ce, contrairement aux prédictions de Keynes : il n'y aurait donc aucune raison d'envisager « une massification du chômage technologique », y compris dans un monde très robotisé.

### 4.3. Des gains de productivité essentiellement liés aux avancées technologiques

La littérature fait clairement consensus sur un point : la robotisation des processus productifs et l'automatisation des tâches se traduiront par des gains de productivité substantiels (Sachs *et al.*,

---

16. Plus précisément, Polanyi (1966) écrit « We can know more than we can tell ».

2015 ; Frey et Osborne, 2013 ; Graetz et Michaels, 2015). Déjà, au cours des 20 dernières années, la robotisation a contribué de façon significative à la productivité du travail. Ainsi, selon Graetz et Michaels (2015), cette contribution a été de 0,36 point de pourcentage en moyenne annuelle depuis 1993<sup>17</sup>. Certes, cette contribution a été bien inférieure à celle des TIC, estimée par exemple à 0,6 point dans le cas européen et 1 point dans le cas américain par O'Mahony et Timmer (2009), mais pour une valeur des TIC cinq fois supérieure à celle des robots. À l'aune de cette estimation (la seule qui existe à notre connaissance), les gains en termes de productivité liés à une robotisation accrue des processus productifs et à l'automatisation des tâches sont donc importants. En résumé, dans les prochaines décennies, la productivité de nos économies nous semble bien moins liée à la structure par âge de la population active qu'aux futures avancées technologiques.

## 5. Conclusion

Cet article s'est attaché à analyser l'impact du vieillissement de la population active sur notre potentiel de productivité macro-économique, et donc notre niveau de vie. Tandis que les études de neurosciences et les tests psychométriques établissent un consensus clair sur la baisse des capacités cognitives avec l'âge, le lien entre productivité au travail et âge du travailleur n'est pas clairement établi au niveau empirique. La productivité au travail dépend en effet d'interactions complexes entre facteurs spécifiques à l'individu (ses capacités, son expérience, sa motivation) et spécifiques à l'entreprise (son intensité technologique, son secteur d'activité). De ce fait, la variabilité inter-individuelle apparaît forte : certains travailleurs vieillissants demeurent très productifs tandis que d'autres perdent en productivité, faute de motivation et de capacités à s'adapter aux changements technologiques et organisationnels. À ce titre, le niveau d'éducation initiale semble être un facteur important du maintien de la productivité à un âge avancé. En outre, la formation professionnelle continue est cruciale pour permettre l'adaptabilité des travailleurs aux changements technologiques de plus en plus rapides mais aussi de plus en

---

17. L'estimation est réalisée sur un échantillon de 17 pays et 14 industries, sur la période 1993-2007.

plus importants. De ce point de vue, les progrès à venir en matière de robotique et d'intelligence artificielle posent des défis importants. Impulsée par l'introduction massive des TIC, la demande de capacités analytiques non routinières continuera à augmenter. Mais par rapport aux TIC, nous assisterons probablement à un saut qualitatif car l'individu sera en partie concurrencé par la « machine intelligente » pour la réalisation de certaines tâches, y compris non routinières. Les qualifications requises seront de plus en plus spécifiques et pointues pour que l'ordinateur s'inscrive en complément du travailleur et non en substitut. Les tâches exigeant créativité, intelligence sociale et contact humain seront largement préservées du processus d'automatisation. Ces tâches pourront continuer à être exercées par des individus, quel que soit leur âge.

## Références

- Abowd J., J. Haltiwanger, J. Lane, K. L. Mac Kinney et K. Sanddusky, 2007, « Technology and the demand for skill: an analysis of within and between firms differences », *NBER Working Paper Series*, 13043.
- Ananian S. et P. Aubert, 2006, « Travailleurs âgés, nouvelles technologies et changements organisationnels : un réexamen à partir de l'enquête 'Réponse' », *Economie et Statistique*, 397, 21-43.
- Adam S., E. Bonsang, S. Germain et S. Perelman, 2007, « Retraite, activités professionnelles et vieillissement cognitif : Une exploration à partir des données *Share* », *Economie et Statistique* 403-404, 83-95.
- Autor D. H., 2014, « Polanyi's paradox and the Shape of employment growth », *NBER Working Paper* 20485.
- Autor D. et D. Dorn, 2013. « The growth of low skill service jobs and the polarization of the US labor market », *American Economic Review*, 103(5): 1553-1597.
- Autor, D. H., L. F. Katz et M. S. Kearney, 2006, « The Polarization of the Labour Market », Discussion Paper January, NBER.
- Bakhshi H., C. B. Frey et M. Osborne, 2015, *Creativity versus Robots*, NESTA. Disponible à : [https://www.nesta.org.uk/sites/default/files/creativity\\_vs.\\_robots\\_wv.pdf](https://www.nesta.org.uk/sites/default/files/creativity_vs._robots_wv.pdf)
- Barnay T., 2008, « Chômage et invalidité après 50 ans : deux dispositifs alternatifs de sortie de l'emploi pour les seniors en mauvaise santé ? », *Economie et Statistique*, 411, 47-63.
- Behagel L., B. Crépon et B. Sédillot, 2004, « Contribution Delalande et transitions sur le marché du travail », *Economie et Statistique*, 368, dossier Les Travailleurs âgés face à l'emploi, 95-119.

- Benzell S. G., L. J. Kotlikoff, G. LaGarda et J. D. Sachs, 2015, « Robots Are Us: Some Economics of Human Replacement », *NBER Working Paper Series*, 20941.
- Boersch-Supan A., 2001, « Labor Market Effects of Population Aging », *NBER Working Paper*, 8640.
- Blanchet D., 2002, « Le vieillissement de la population active : ampleur et incidence », *Economie et Statistique*, 355-356, 123-138.
- Braver T.S. et R. West, 2007, « Working memory, executive control and aging », in Fergus I.M. and Timothy A. Salthouse (eds), *The Handbook of aging and Cognition*, 7.
- Cambois E., T. Barnay et J.M. Robine, 2010, « Espérances de vie, espérances de vie en santé et âges de départ à la retraite : des inégalités selon la profession en France », *Retraite et Société*, 59, 194-205.
- Cowan N., 2010, « The magical mystery four: How is working memory capacity limited, and why ? », *Current Directions in Psychological Science*, 19, 51-57.
- Daveri F. et M. Maliranta, 2007, « Age, seniority and labour Costs: lessons from the Finnish IT revolution », *Economic Policy*, 49, 119-175.
- France Robots Initiatives, 2013, « Publication conjointe du Ministère du redressement productif et de l'enseignement supérieur et de la recherche. Disponible à : [http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions\\_services/secteurs-professionnels/industrie/robotique/france-robots-initiatives.pdf](http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/secteurs-professionnels/industrie/robotique/france-robots-initiatives.pdf)
- Frey C.B. et M. A. Osborne, 2013, « The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? », Oxford University.
- Feyrer J., 2007, « Demographics and Productivity », *The Review of Economics and Statistics*, 89(1) : 100-109.
- Fuchs J., 2001, « Decomposing the Effect of Population Ageing on Labour Supply », *Athens Journal of Social Sciences*.
- Friedland R. P., 1993, « Epidemiology, education, and the ecology of Alzheimer's disease », *Neurology*, 43, 246-249.
- Gaullier X., 1988, « Qu'est-ce qu'un salarié âgé ? », *Gérontologie et Société*, 45, 115-127.
- Graetz G. et G. Michaels, 2015, « Robots at work », *CEPR Discussion Papers Series*, 10477.
- Gronqvist C., 2009, « The effect of labour force ageing on productivity in Finland », *Bank of Finland Monetary Policy and Research Working Paper*.
- Godelier É., 2007, « Pyramide des âges et gestion des ressources humaines », *Vingtième Siècle. Revue d'histoire*, 95, 127-142.
- Göbel C. et T. Zwick, 2012, « Âge and productivity: sector differences », *De Economist*, 160, 35-57.
- Guillou S. et S. Levasseur, 2008, « Taux d'emploi des seniors et structure productive », *Revue de l'OFCE*, Presses de Sciences-Po, (3), 185-203.
- Hämäläinen R., S. Cincinnato, A. Malin et B. De Wever, 2014, « VET workers' problem-solving skills in technology-rich environments:



- European approach », *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 1, 1, 57-80.
- Kanfer R. et P. L. Ackerman, 2004, « Aging, Adult development and Work Motivation, *Academy of Management Review*, 29, 3, 440-458.
- Kaufman A. S., C. R. Reynolds et J. E. McLean, 1989, « Age and WAIS-R intelligence in a national sample of adults in the 20-64 year age range: A cross-sectional analysis with educational level controlled », *Intelligence*, 13, 235-253.
- Krueger L. E. et T. Salthouse 2011, « Influence of Cognitive Abilities and Age on Word Recall Performance Across Trials and List Segments, *The American Journal of Psychology*, 124, 3, 291-300.
- Knowles-Cutler A., C. Frey et M. Osborne, 2014, « Agile town: the relentless march of technology and London's response », Deloitte.  
Disponible à: <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/uk-futures/london-futures-agiletown.pdf>
- Lauverjat F., V. Pennequin et R. Fontaine, 2005, « Vieillesse et raisonnement : une approche multi-factorielle », *L'Année psychologique*, 105, 225-247.
- Le Carret N., S. Lafont, L. Letenneur, J. F. Dartigues, W. Mayo et C. Fabrigoule, 2003, « The Effect of Education on Cognitive Performances and Its Implication for the Constitution of the Cognitive Reserve », *Developmental Neuropsychology*, 23(3) : 317-337.
- Lemaire P., 1999, *Le Vieillesse Cognitif*. Paris: PUF, 3486.
- Levasseur S., 2008, « Progrès technologique et employabilité des seniors », *Revue de l'OFCE*, Presses de Sciences-Po, (3), 155-184.
- Lisenkova, K., M. Mérette et R. Wright, 2012, « The Impact of population ageing on the labour market: evidence from overlapping generations computable general equilibrium (OLG-CGE) model of Scotland », *Discussion paper in Economic, Strathclyde*, 12-13.
- Lisenkova K., M. Mérette et R. Wright, 2013, « Population ageing and the labour market: modelling size and age-specific effects », *Economic Modelling*, 35, 981-989.
- Mahlberg B., I. Freund et A. Prskawetz, 2011, « Ageing, Productivity and Wages in Austria: evidence from a matched employer-employee data set at the sector level », *Vienna University of Technology Working Papers in Economic Theory and Policy*, 02-2011.
- Maestas N., K. Mullen et D. Powell, 2014, « The effect of Population Aging on economic Growth », *RAND Working Paper*.
- Murray T. S., Y. Clermont, M. Binkley, 2005, « Measuring Adult Literacy and Life Skills: New frameworks for Assessment », *Chapter 8*, Statistics Canada, 89-552.
- Nagarajan R., A. A. C. Teixeira et S. Silva, 2013, « The Impact of Population Ageing on Economic Growth: An In-depth Bibliometric Analysis », *FEP Working Paper*, 505.

- O'Mahony M. et M. P. Timmer, 2009, « Output, Input and Productivity Measures at the Industry Level: The EU KLEMS Database », *Economic Journal*, 119(538) : 374-403.
- van Ours J. et L. Stoeldraijer, 2010, « Age, Wage and Productivity », *Discussion Paper Series IZA*, 4765.
- Pelletan J. et A. Villemeur, 2012, « Productivité dans une économie vieillissante, quels enseignements tirer de la littérature ? », *Revue française d'économie*, 2-2012, 143-186.
- Pfeifer C. et J. Wagner, 2012, « Age and Gender Composition of the Workforce, Productivity and Profits: Evidence from a New Type of Data for German Enterprises », *Discussion Paper Series IZA*, n° 6381.
- Poffenberger A. T., 1942, *Principles of applied psychology*, New York: Appleton-Century.
- Prskawetz L., 2006, eds, « The Impact of Population Ageing on Innovation and Productivity Growth in Europe », *Vienna Institute of demography*, Research Report 28.
- Rohwedder S. et R. J. Willis, 2010, « Mental retirement », *Journal of Economic Perspectives*, 24(1) : 119-138.
- Roland Berger Institute, 2014, *Les classes moyennes face à la transformation digitale*.
- Sachs J. D., S. G. Benzell et G. LaGarda, 2015, « Robots: Curse or Blessing? A Basic Framework », *NBER Working Paper Series*, 21091.
- Salthouse T., 1984, « Effects of age and skills in Typing », *Journal of experimental psychology*, 113, 345-371.
- Salthouse T. A., 2004b, « What and when of cognitive aging », *Current Directions in Psychological Science*, 13(4): 140-144.
- Schwartzman A. E., D. Gold, D. Andres, T. Y. Arbuckle, et J. Chaikelson, 1987, « Stability of intelligence: A 40-year follow-up », *Canadian Journal of Psychology*, 41, 244-256.
- Skirbekk V., 2003, « Age and Individual Productivity : A literature Survey », *Max Planck Institute for Demographic Research (MPIDR) Working Paper*, WP 2003-028.
- Skirbekk V., 2008, « Age and Productivity Potential : A New Approach based on Ability Levels and Industry-Wide task Demand », *Population and Development Review*, 34, 191-207.
- Sieurin A., E. Cambois et J. M. Robine, 2011, « Les espérances de vie sans incapacité en France », *Document de Travail de l'INED*, 170.
- Tipper A., 2012, « Labour productivity, real wages, and workforce age structure », papier présenté à la 53<sup>ème</sup> conférence des économistes Néo-zélandais.
- Teichchler U., 2007, « Does Higher Education Matter? Lessons from a Comparative Graduate Survey », *European Journal of Education*, 42(1) : 11-34.