

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

THÈSE PRÉSENTÉE À
L'UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN GÉRONTOLOGIE

PAR
MICHAËL DOYON

DEMANDE DYNAMIQUE DE SANTÉ PHYSIQUE CHEZ LES AÎNÉS :
UN MODÈLE DÉCISIONNEL UNIFIANT MATHÉMATIQUES ET
THÉORIES DU VIEILLISSEMENT RÉUSSI

DÉCEMBRE 2017

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

DOCTORAT EN GÉRONTOLOGIE (Ph.D.)

PROGRAMME OFFERT PAR L'UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

DEMANDE DYNAMIQUE DE SANTÉ PHYSIQUE CHEZ LES AÎNÉS :
UN MODÈLE DÉCISIONNEL UNIFIANT MATHÉMATIQUES ET
THÉORIES DU VIEILLISSEMENT RÉUSSI

PAR
MICHAËL DOYON

COMPOSITION DU JURY

Hélène Payette, directrice de recherche	Université de Sherbrooke
Patrick Richard, codirecteur de recherche	Université de Sherbrooke
Mario Fortin, évaluateur interne	Université de Sherbrooke
Alan Cohen, évaluateur interne	Université de Sherbrooke
Réjean Hébert, évaluateur externe	Université de Montréal

Sommaire

Moteur de développement scientifique, le concept de vieillissement réussi a su mobiliser les chercheurs dans la construction d'un savoir cumulatif et riche en diversité méthodologique. Cinq décennies de recherche multidisciplinaire ont porté la réflexion gérontologique au-delà de la simple notion de survie, où l'approche quantitative longitudinale, la modélisation par équations structurelles (SEM) et l'argumentation mathématique assument un rôle contemporain grandissant. Traditionnellement absent de la littérature gérontologique, la construction d'un lien analytique formel entre le processus de théorisation et l'analyse quantitative motive le but de cette étude doctorale : *Formuler et valider un modèle dynamique de demande de santé physique chez les aînés, dans l'optique plus large de l'élaboration d'un système multidimensionnel d'équations structurelles définissant le vieillissement réussi*. Trois objectifs complémentaires sont poursuivis à cette fin : 1) l'élaboration d'un cadre théorique décisionnel, intégrant les principales théories du vieillissement réussi et l'approche microéconomique néo-classique ; 2) la dérivation formelle de la demande dynamique de santé physique chez les aînés, fondée sur l'extension mathématique du modèle de Grossman ; et 3) l'estimation convergente et non-biaisée des déterminants contemporains de la performance physique des aînés. Ce dernier objectif aborde formellement les phénomènes d'attrition sélective, d'endogénéité statistique et d'hétérogénéité interindividuelle qui accompagnent la recherche quantitative longitudinale sur le vieillissement, où un modèle autorégressif multivarié à erreurs composées est appliqué aux données de l'Étude longitudinale québécoise sur la nutrition comme déterminant d'un vieillissement réussi (NuAge). L'étude secondaire NuAge propose le suivi pluriméthodologique (sociologique, nutritionnel, médical, fonctionnel, anthropométrique) et longitudinal (quatre vagues annuelles successives d'entretiens en

face-à-face) de 1793 participants (853 hommes, 940 femmes), âgés entre 67 et 84 ans au moment du recrutement, en bonne santé générale et vivant à domicile dans les régions de Montréal, Laval et de l'Estrie, dans la province de Québec au Canada. Les résultats empiriques les plus saillants exposent la nature dynamique, multidimensionnelle et hautement hétérogène de la composante physiologique du vieillissement réussi. Un haut degré de résilience physique est observé pour l'ensemble des variables dépendantes de force (préhension, biceps, quadriceps) et de mobilité (levers de chaise, vitesse de marche, *Timed Up & Go* [TUG]) étudiées, où le contrôle de l'hétérogénéité inobservée fixe (hérédité, personnalité, aptitudes...) réduit significativement l'amplitude de réserve physiologique. Le contrôle des effets fixes tend également à amplifier l'impact négatif de l'âge sur la performance physique des aînés, suggérant à son tour une hétérogénéité interindividuelle favorable au vieillissement réussi. Globalement, les modèles à erreurs composées exposent l'effet positif et contemporain d'une bonne santé mentale sur la performance physique des individus âgés. Les capacités cognitives affectent également la santé physique des aînés, où chaque point additionnel au score 3MS neutralise près de 0,90 année d'effet d'âge sur la force de préhension et sur le temps d'exécution du test TUG. L'analyse empirique permet de plus de dégager certains résultats au niveau des habitudes de vie et de l'autonomie fonctionnelle, exposant l'impact négatif du risque nutritionnel sur la force de préhension, l'impact positif et immédiat de la marche extérieure sur la performance au test TUG, l'impact positif des tâches domestiques lourdes sur la force quadriceps et la performance au test TUG, de même que la causalité positive entre la dépendance fonctionnelle (AVQ) et le temps d'exécution du test TUG.

Table des matières

Sommaire	iii
Liste des figures	vii
Liste des tableaux	viii
Abréviations et symboles mathématiques	ix
Remerciements	xi
Introduction	1
Contexte théorique	4
Vieillesse réussie	5
Critères de réussite	5
Processus d'adaptation	7
Théorie SPF-SA	11
Résumé	12
Santé physique objective	13
Résilience physique et réserve physiologique	13
Dynamique des performances physiques	15
Demande de santé physique	18
Résumé	22
Objectifs de recherche	23
Développement théorique	24
Cadre conceptuel	25
Cadre théorique	28
Modèle mathématique	30
Glossaire et index des expressions mathématiques	40
Méthode	42
Participants	43
Instruments de mesure	51
Variables dépendantes	51
Variables explicatives	53

Résultats	59
Analyse statistique	60
Modèle empirique	60
Inférence statistique	61
Stratégie d'inférence	67
Résultats principaux	71
Analyse préliminaire	71
Force de préhension, biceps et quadriceps	71
Mobilité fonctionnelle	75
Résumé	78
Discussion	79
Résilience physique, capacité de réserve physiologique et déterminants contemporains	80
Forces et limites de la recherche	84
Retombées et développements futurs	85
Conclusion	88
Références	91
Appendices	122
Appendice A : Conditions de premier ordre	123
Appendice B : Conditions d'équilibre	128
Appendice C : Élasticité de substitution intertemporelle de la santé physique	131
Appendice D : Demande de santé physique	133
Appendice E : Programmation STATA (Force de préhension)	137

Liste des figures

1	Processus décisionnel d'adaptation au vieillissement normal	29
2	Dynamique marginaliste directe du capital de santé physique . . .	34
3	Recrutement des participants à l'étude NuAge	45

Liste des tableaux

1	Relations théoriques directes entre la demande de santé physique et ses déterminants à la période t	39
2	Description et distribution des variables sélectionnées de l'étude NuAge : Vague 1	46
3	Stratification et poids échantillonnaires de l'étude NuAge	48
4	Taux de survivance et d'attrition par vague : Étude longitudinale NuAge	49
5	Taux de survivance et d'attrition par vague : Échantillons retenus	50
6	Distribution et variation intra/inter-individuelle des variables explicatives sélectionnées : Échantillon de panel NuAge.	70
7	Tableau des corrélations de Pearson : Variables explicatives	72
8	Analyse factorielle avec rotation varimax	72
9	Analyse dynamique multivariée : Force de préhension et isométrique	73
10	Analyse dynamique multivariée : Mobilité fonctionnelle	76

Abréviations et symboles mathématiques

$<$	Plus petit que
$>$	Plus grand que
\leq	Plus petit ou égal à
\geq	Plus grand ou égal à
$ x $	Valeur absolue de x
\forall	Pour tout
\rightarrow	Tend vers
\Leftrightarrow	Si et seulement si
\Rightarrow	Implique
∂	Dérivée partielle
∇	Gradient
Σ	Sommation
\in	Est élément de
\notin	N'est pas élément de
\mathbb{R}	Ensemble des nombres réels
$x \in (a, b)$	$\{x \in \mathbb{R} : a < x < b\}$
$x \in [a, b]$	$\{x \in \mathbb{R} : a \leq x \leq b\}$
$x \in [a, b)$	$\{x \in \mathbb{R} : a \leq x < b\}$
$ x$	Conditionnel à x
X'	Transposée de la matrice X
Δ	Opérateur de différence première
E	Espérance mathématique
\sim	Suit une distribution
$N(\mu, \sigma^2)$	Loi normale de moyenne μ et de variance σ^2
IID	Identiquement et indépendamment distribué
plim	Probabilité limite
ϕ	Fonction de densité de probabilité normale
Φ	Fonction de distribution cumulative normale
exp	Exponentiel
ln	Logarithme naturel
AIVQ	Activités instrumentales de la vie quotidienne
AVC	Accident vasculaire cérébral
AVQ	Activités élémentaires de la vie quotidienne
CDF	<i>Cumulative Distribution Function</i>
C-HEI	<i>Canadian Healthy Eating Index</i>
CPO	Condition de premier ordre
CRRA	<i>Constant Relative Risk Aversion</i>
DNA	Dépistage nutritionnel chez les aînés
ÉLCV	Étude longitudinale canadienne sur le vieillissement
ELSA	<i>English Longitudinal Study of Ageing</i>
GAC	Guide alimentaire canadien
GDS	<i>Geriatric Depression Scale</i>

GMM	<i>Generalized Method of Moments</i>
IC	Intervalles de confiance
IRSC	Instituts de recherche en santé du Canada
LSDV	<i>Least-Squares Dummy Variable</i>
LSI	<i>Life Satisfaction Index</i>
MCO	Moindre carré ordinaires
MMMS (3MS)	<i>Modified Mini-Mental State Examination</i>
MMSE	<i>Mini-Mental State Examination</i>
NuAge	Étude longitudinale québécoise sur la nutrition comme déterminant d'un vieillissement réussi
OLS	<i>Ordinary Least Squares</i>
OPS	<i>Optimization in Primary and Secondary Control</i>
PASE	<i>Physical Activity Scale for the Elderly</i>
PDF	<i>Probability Density Function</i>
SEM	<i>Structural Equation Modeling</i>
SMAF	Système de mesure de l'autonomie fonctionnelle
SOC	<i>Selective Optimization with Compensation</i>
SPF	<i>Social Production Function</i>
SPF-SA	<i>Social Production Function-Successful Aging</i>
TUG	<i>Timed Up & Go</i>

Remerciements

Je tiens, par la présente, à exprimer toute ma gratitude à mes directeurs de recherche, Madame Hélène Payette et Monsieur Patrick Richard, professeurs au Département des sciences de la santé communautaire et au Département d'économique de l'Université de Sherbrooke. Votre générosité, votre rigueur, votre patience et votre ouverture d'esprit m'ont permis d'évoluer avec confiance, et je vous en remercie. Je tiens également à souligner le soutien moral offert par ma conjointe, Caroline Gagné, et par ma famille, qui ont su m'encourager tout au long de cette réalisation universitaire et personnelle. Je tiens de plus à remercier Monsieur Mario Fortin, Monsieur Réjean Hébert, et Monsieur Alan Cohen qui ont accepté d'agir à titre d'évaluateurs de cette thèse. Enfin, je tiens à souligner le précieux soutien financier de la Chaire de recherche Merck de pharmaco-gériatrie de l'Université de Sherbrooke. Mes plus sincères remerciements à vous tous.

Introduction

Le vieillissement de la structure démographique mondiale représente l'un des défis humanitaires les plus importants du XXI^e siècle. En 2050, alors que 22% de la population globale aura plus de 60 ans, le nombre de personnes âgées pourrait atteindre et même surpasser le groupe d'âge des 15 ans et moins (United Nations, 2015). Au Canada, le Québec se distingue par la rapidité du vieillissement interne de sa population. L'augmentation de l'espérance de vie, le nombre élevé d'individus issues des générations antérieures et la diminution marquée du taux de natalité ont fortement contribué à cette réalité démographique (Kergoat & Légaré, 2007), où la part des 65 ans et plus (18% en 2015) atteindra le seuil de 25% dès l'année 2031 (Institut de la statistique du Québec, 2015). Cette transition paradigmatique et sans précédent vers une société très âgée devra inéluctablement s'accompagner d'une compréhension exhaustive et multidisciplinaire des enjeux biopsychosociaux de la vieillesse.

Moteur du développement scientifique, la recherche d'explications favorise la construction d'un savoir cumulatif et riche en diversité méthodologique. La théorisation explicite assure un legs intellectuel fondé sur la réflexion des chercheurs pionniers, accélérant le développement de la connaissance heuristique et son transfert vers l'intervention pratique (Alley, Putney, Rice, & Bengtson, 2010; Bengtson, Rice, & Johnson, 1999; Hendricks, Applebaum, & Kunkel, 2010). Héritage des travaux de Cumming et Henry (1961), cette conscience théorique habite le concept gérontologique de vieillissement réussi depuis le début de son histoire scientifique. Traduisant l'idée d'une dimension positive à l'intérieur du processus de sénescence, le paradoxe que convoie la réussite du vieillissement a su mobiliser les gérontologues dans l'exploration de critères normatifs du succès, la compréhension des mécanismes d'adaptation au vieillissement et l'intégration des connaissances multidisciplinaires.

Intermédiaire entre la démarche théorique et l'observation empirique, l'inférence statistique exerce une influence significative sur les directions de recherche (R. T. Campbell & O'Rand, 1988). L'analyse quantitative longitudinale et la modélisation par équations structurelles (SEM) assument un rôle d'importance dans le développement contemporain des sciences sociales (Ferraro & Kelley-Moore, 2003; Hershberger, 2003), capturant respectivement la dynamique du changement et la complexité des interrelations comportementales (Baltagi, 2005; Paxton, Hipp, & Marquart-Pyatt, 2011). L'estimation SEM et l'approche longitudinale s'accompagnent toutefois d'une vulnérabilité accrue face au biais d'estimation, où les erreurs de spécification et l'abandon de participants âgés sont susceptibles de contaminer l'ensemble des paramètres d'intérêt (Kline, 2012; Ferraro & Kelley-Moore, 2003). La transparence mathématique figure en première ligne d'action face au biais possible (Babin & Svensson, 2012; Saris, Satorra, & van der Veld, 2009), favorisant la robustesse des conclusions émises et solidifiant le processus même de théorisation explicite (Bengtson, Burgess, & Parrott, 1997).

Traditionnellement absent de la littérature gérontologique (Bengtson et al., 1997), la construction d'un lien mathématique formel entre les théories du vieillissement réussi et le développement empirique motive le but de cette recherche doctorale : *Formuler et valider un modèle dynamique de la demande de santé physique chez les aînés, dans l'optique plus large de l'élaboration d'un système multidimensionnel d'équations structurelles définissant le vieillissement réussi*. Le premier chapitre de la thèse présente un relevé complet de la littérature scientifique. Le second chapitre établit les fondements théoriques et mathématiques nécessaires à l'atteinte du but de recherche fixé, suivi en troisième partie du cadre opératoire de l'analyse statistique. Une quatrième partie est consacrée à la présentation des outils quantitatifs et des résultats empiriques, où ces derniers sont discutés dans un cinquième chapitre. Une conclusion d'ordre générale termine cette étude.

Contexte théorique

La première section de ce chapitre définit les principaux concepts théoriques du vieillissement réussi. L'état des connaissances scientifiques est explicitée, où les critères normatifs de succès, les mécanismes d'adaptation à la vieillesse et l'approche intégrative du vieillissement réussi sont présentés. La seconde section définit le concept de santé physique objective. Les notions de résilience physique et de réserve physiologique sont introduites, en lien avec la dynamique intertemporelle des mesures de performance et la notion de fragilité. Le concept microéconomique de demande de santé est enfin explicité, où les bases théoriques sont établies et les travaux empiriques sont révisés. La présentation des objectifs de recherche clôt ce chapitre.

Vieillissement réussi

Critères de réussite

Point de départ de la conceptualisation scientifique du vieillissement réussi, les travaux de Havighurst (1961, 1963) proposent une définition de la réussite basée sur le concept de satisfaction envers la vie présente et passée. Quantifié à partir de l'indice de satisfaction de vie (*Life Satisfaction Index* [LSI]) de Neugarten, Havighurst, et Tobin (1961), cet état psychologique optimal est atteint par la maximisation de cinq domaines de fonctionnement : 1) l'enthousiasme et le degré d'engagement du moi (zest) ; 2) la responsabilisation personnelle ; 3) la congruence entre les désirs et les objectifs atteints ; 4) la conception de soi ; et 5) l'humeur et l'attitude positive. Le modèle explicite de Ryff (1982, 1989a, 1989b) marque pour sa part la seconde phase d'importance dans le développement opérationnel du vieillissement réussi. Le concept de satisfaction de vie y est enri-

chi d'un processus continu d'adaptation, intégrant les théories développementales des trajectoires de vie (Erikson, 1959 ; Neugarten, 1973), de la croissance personnelle (Maslow, 1968 ; C. R. Rogers, 1961) et de la santé mentale (Allport, 1961 ; Birren & Renner, 1977 ; Bradburn, 1969 ; A. Campbell, Converse, & Rodgers, 1976) dans la réalisation de six objectifs : 1) l'acceptation de soi (actualisation de soi, maturité) ; 2) les relations positives avec les autres (empathie, affection, identification) ; 3) l'autonomie ; 4) le contrôle sur son environnement ; 5) le sens à la vie ; et 6) la croissance personnelle (ouverture face aux nouvelles expériences, développement continu, réalisation de son potentiel). Enfin, le modèle de Rowe et Kahn (1987, 1997, 1998) marque la troisième et plus récente phase de progrès théorique de l'étude du vieillissement réussi. Le concept objectif de succès y est défini par un fonctionnement biopsychosocial maximal et supérieur à la normale, situant les choix individuels à l'avant plan des parcours hétérogènes de vieillissement non-pathologique : 1) minimiser les risques de maladies et d'incapacités ; afin de 2) maintenir un haut niveau de capacités physiques et cognitives ; permettant de 3) s'engager durablement dans une vie sociale active et productive.

Ces travaux d'importance ont vu naître une littérature empirique féconde et hautement diversifiée dans sa définition du vieillissement réussi. Les études quantitatives ont su mettre en évidence les dimensions biologiques (fonctionnement physique et cognitif, présence de maladies, incapacités, longévité) et psychosociales (bien-être, satisfaction, engagement social, ressources individuelles) de la réussite du vieillissement (Bowling, 2007 ; Cosco, Prina, Perales, Stephan, & Brayne, 2014 ; Depp & Jeste, 2006 ; Peel, Bartlett, & McClure, 2004), révélant par le fait même les difficultés de consensus, la complexité méthodologique et la faible généralisabilité empirique qui accompagnent la quantification de ce concept multidimensionnel (Bowling, 2007 ; Cosco et al., 2014 ; Depp & Jeste, 2006 ; Ferri, James, & Pruchno, 2009). Quelques tendances fortes émergent de la littérature

existante malgré ces limites importantes, dont l'effet négatif de l'avancée en âge, de la consommation de tabac, de l'arthrite, du diabète et des problèmes auditifs sur la réussite du vieillissement (Depp & Jeste, 2006).

Processus d'adaptation

L'approche analytique de la socialisation offre une perspective du développement humain axée sur l'adhésion de l'individu aux normes socialement admises (Hendricks, 1992 ; Lefrançois, 2007 ; McPherson, 1990). S'inscrivent dans cette approche les théories microsociologiques du désengagement, de l'activité et de la continuité. Première théorie véritablement explicite et multidisciplinaire du vieillissement (Achenbaum & Bengtson, 1994 ; Lynott & Lynott, 1996), la théorie du désengagement (Cumming, 1963 ; Cumming, Dean, & Newell, 1960 ; Cumming & Henry, 1961 ; Henry, 1964) « fournit une explication, qualifiée d'universelle, au phénomène du retrait social de la personne âgées » (Lefrançois, 2007, p. 54). Initié par la société ou l'individu même, le mécanisme de désengagement libère progressivement la personne aînée de ses rôles sociaux, facilitant l'adaptation à la vieillesse et assurant un fonctionnement sociétal optimal. Le vieillissement réussi s'inscrit alors dans l'acceptation de se retirer de la vie sociale/active (Fry, 1992 ; Havighurst, 1961), un processus hautement hétérogène dont l'équilibre est fonction des valeurs de société, des aptitudes individuelles et de la trajectoire de vie. À l'opposé de cette perspective de désengagement social, la théorie de l'activité (Burgess, 1960 ; Havighurst & Albrecht, 1953 ; Lemon, Bengtson, & Peterson, 1972) stipule que la réussite du vieillissement réside dans la motivation à maintenir (ou à substituer) les activités et les rôles de la vie adulte (Fry, 1992). La personne âgée dispose d'un fond de sociabilité lui permettant de développer ses contacts sociaux (Weis, 1969), favorisant ainsi le vieillissement actif et, par le fait même, un bien-être psychologique élevé. Enfin, la théorie de la continuité (Atchley, 1971, 1987, 1989, 1999 ; Rosow, 1963) propose un modèle de

rétroaction basé sur la stabilité des structures internes (préférences, personnalité, compétences, perceptions) et externes (milieu de vie, relations interpersonnelles et sociales) de l'individu. Une vision dynamique de la continuité optimale intègre l'idée d'un développement humain conforme aux structures fondamentales de l'individu, sans rupture radicale avec le passé ou transition brutale avec la vie adulte. L'anticipation, la substitution, la gestion des conflits, la consolidation, l'accommodement, le désengagement différentiel et la fuite représentent les principales stratégies de continuité (Atchley, 1991). Dans son ensemble, la littérature gérontologique observe une relation positive entre le vieillissement actif et la satisfaction face à la vie (Fry, 1992). Les études empiriques offrent en contrepartie un appui limité à la perspective de désengagement, sans toutefois réfuter cette théorie avec succès (Hoschschild, 1975).¹ Les données longitudinales supportent pour leurs parts le concept de continuité interne/externe (Atchley, 1999; Cutler, 1977; George & Maddox, 1977; Maddox, 1968; Palmore & Kivett, 1977), bien que l'élaboration d'une définition opérationnelle demeure un défi méthodologique à résoudre (Fox, 1982; Fry, 1992).

Basé sur les concepts de variabilité interindividuelle et de plasticité intraindividuelle (P. B. Baltes & Baltes, 1980; M. M. Baltes & Baltes, 1982; P. B. Baltes & Schaie, 1976), le mécanisme universel d'optimisation sélective avec compensation (*Selective Optimization with Compensation* [SOC]) de P. B. Baltes et Baltes (1990) est le reflet des interactions dynamiques entre les gains et les pertes caractérisant l'avancée en âge. Ce modèle de développement humain met en premier plan les mécanismes évolutifs d'adaptation au vieillissement, situant les critères hétérogènes de réussite dans un compromis optimal entre les ressources limitées

1. La recherche empirique existante, essentiellement transversale, ignore la nature fondamentalement dynamique du processus de désengagement (Fry, 1992). Une méthodologie adéquate se doit d'être fondée sur une approche longitudinale, où chaque individu est son propre sujet contrôle (Cumming & Henry, 1961; Maddox, 1964, 1970).

de l'individu (contraintes) et ses objectifs de vie. Premier élément du processus SOC, le mécanisme de sélection s'applique à la restriction croissante des domaines de fonctionnement causée par l'avancée en âge. Cette stratégie d'adaptation implique la spécification et la hiérarchisation des buts à atteindre, résultant en une diminution inévitable des champs d'activité et de compétences de l'individu (P. B. Baltes & Baltes, 1990 ; P. B. Baltes, Baltes, Freund, & Lang, 1995). L'optimisation des ressources renvoie pour sa part à l'engagement dans des conduites visant à minimiser les contraintes imposées, où l'acquisition de nouvelles habiletés, l'enrichissement des aptitudes existantes et l'allocation efficace des ressources sont autant de moyens afin d'accomplir les objectifs fixés (P. B. Baltes et al., 1995 ; Freund & Baltes, 2002). Enfin, un certain niveau de fonctionnement peut être atteint par l'utilisation et le perfectionnement d'alternatives aux ressources perdues. D'ordre psychologique et technologique, les stratégies de compensation requièrent la continuité des activités et se réalisent en présence d'un niveau de capacité inférieur aux standards de fonctionnement de l'individu. Les observations empiriques ont démontré un impact positif des stratégies SOC sur la probabilité de survie des individus âgés (Lang, Rieckmann, & Baltes, 2002), de même qu'une relation positive avec la satisfaction de vie (Chou & Chi, 2002 ; Freund & Baltes, 1998, 1999, 2002) et la capacité d'adaptation aux pertes fonctionnelles (Gignac, Cott, & Badley, 2002 ; Li, Lindenberger, Freund, & Baltes, 2001). Le mécanisme SOC demeure toutefois un méta-modèle à large spectre d'application, dépendant du niveau d'analyse choisie et de l'approche théorique utilisée (Freund & Baltes, 2002 ; Marsiske, Lang, Baltes, & Baltes, 1995).

Privilégiant la perspective des parcours de vie, le modèle d'optimisation en contrôle primaire et secondaire (*Optimization in Primary and Secondary Control* [OPS]) (Heckhausen, 1997 ; Heckhausen & Schulz, 1993 ; Schulz & Heckhausen, 1996) développe le mécanisme d'adaptation SOC à l'intérieur de quatre stratégies

de contrôle (Heckhausen & Schulz, 1995 ; Rothbaum, Weisz, & Snyder, 1982) :

- 1) le contrôle primaire sélectif, se référant à l'allocation des ressources et permettant d'atteindre les objectifs fixés ;
- 2) le contrôle primaire compensatoire, axé sur l'utilisation d'aides externes afin de compenser la diminution des ressources ;
- 3) le contrôle secondaire sélectif, dirigé vers soi-même et favorisant l'engagement volitif face au rééquilibrage des domaines de vie ;
- et 4) le contrôle secondaire compensatoire, un mécanisme de résilience psychologique visant à minimiser l'impact négatif de la diminution des ressources sur l'estime de soi, la perception de contrôle et le sentiment d'auto-efficacité.

Le processus d'optimisation régule à son tour l'utilisation efficace des stratégies employées et ce, en fonction des contraintes imposées et des opportunités de développement. Le vieillissement est caractérisé par une diminution graduelle des stratégies de contrôle primaire, compensée en tout ou en partie par un recours accru aux stratégies de contrôle secondaires telles que l'identification à des groupes d'âge plus jeunes, une plus grande satisfaction envers la situation de vie présente, et le désengagement de certaines activités (Heckhausen, 1997 ; Schulz & Heckhausen, 1996). Les observations empiriques ont de plus démontré un rééquilibrage des objectifs avec l'avancée en âge, de même qu'une conscience accrue de la diminution du potentiel de développement et de contrôle (Schulz & Heckhausen, 1996).

Parallèlement à ces travaux, Brandtstädter et ses collègues (Brandtstädter & Baltes-Götz, 1990 ; Brandtstädter & Greve, 1994 ; Brandtstädter, Wentura, & Greve, 1993) proposent un cadre théorique basé sur trois processus complémentaires visant à stabiliser la structure interne (sentiment de contrôle, perception de soi, développement personnel) de l'individu vieillissant : l'assimilation, l'accommodation et l'immunisation. Premier mécanisme d'adaptation, la stratégie d'assimilation cherche à préserver les ressources de l'individu et à protéger le mode de vie existant. En accord avec les schèmes de valeurs et les attentes de l'individu,

l'assimilation cible les actions auto-correctives telles que l'amélioration des capacités physiques ou cognitives, le maintien des compétences, le changement des habitudes de vie, la compensation des pertes fonctionnelles et la confirmation de l'image de soi. Le processus d'accommodation vise pour sa part le désengagement de certains objectifs de vie, impliquant l'ajustement des aspirations individuelles et la substitution de différentes activités. Le processus d'immunisation cherche enfin à préserver la perception de soi, impliquant un mécanisme de négociation intérieure et l'existence d'interprétations alternatives. Les observations empiriques ont démontré un transfert des stratégies d'assimilation vers celles de l'accommodation avec l'avancée en âge (Brandtstädter & Baltes-Götz, 1990 ; Brandtstädter & Renner, 1990 ; Brandtstädter et al., 1993).

Théorie SPF-SA

La théorie de la fonction de production sociale (*Social Production Function* [SPF]) (Lindenberg, 1986 ; Lindenberg & Frey, 1993 ; Ormel, Lindenberg, Steverink, & Verbrugge, 1999), et son extension au vieillissement réussi (*SPF-Successful Aging* [SPF-SA]) (Steverink & Lindenberg, 2006 ; Steverink, Lindenberg, & Ormel, 1998), intègre dans un même cadre conceptuel les disciplines de la psychologie, de la sociologie et de l'économie autour de trois composantes fondamentales : 1) l'interconnexion entre le processus comportemental d'adaptation, la réalisation des objectifs, et le bien-être psychologique ; 2) la distinction explicite entre les besoins universels et les objectifs instrumentaux ; et 3) la substituabilité des objectifs selon des considérations coûts-bénéfices. La maximisation du bien-être global est le résultat de l'assouvissement des besoins universels de bien-être physique et social, comblés à leur tour par la réalisation de quatre objectifs instrumentaux (Maslow, 1943, 1954) : 1) le confort interne et externe, se référant aux besoins physiologiques et de sécurité du système de Maslow ; 2) le besoin d'affection, d'appartenance et support émotionnel ; 3) le besoin de stimulation physique et

mentale (réalisation de soi); et 4) le besoin d'estime de soi. La hiérarchie des objectifs est établie en fonction des préférences individuelles et des contraintes imposées par l'avancée en âge (diminution de la variété des ressources), où la possibilité de substituer la production d'une activité par une alternative moins coûteuse représente une stratégie complémentaire au mécanisme SOC.

Les études empiriques ont démontré l'impact positif de la stratégie de substitution des objectifs instrumentaux sur le niveau de bien-être psychologique global (Lindenberg, 2001; Nieboer & Lindenberg, 2002; Steverink, 1996, 2001). Les observations empiriques ont de plus validé la structure multidimensionnelle proposée par la théorie SPF (Nieboer, Lindenberg, Boomsma, & Van Bruggen, 2005), de même que l'importance accordée au besoin universel de bien-être avec l'avancée en âge (Steverink & Lindenberg, 2006). Deux limites importantes accompagnent toutefois le cadre conceptuel élaboré. En premier lieu, l'intégration des principales théories du vieillissement réussi demeure incomplète (Steverink et al., 1998). Bien que le modèle SPF-SA incorpore efficacement les mécanismes d'adaptation SOC, la littérature gérontologique occupe une place limitée à l'intérieur de l'extension théorique proposée. En second lieu, le concept d'analyse marginale est essentiellement absent de la réflexion théorique.² Cette notion microéconomique fondamentale permet à l'individu de tirer le meilleur parti possible des ressources limitées, où tout changement au niveau du rapport gain marginal/coût marginal est un incitatif à la substitution d'un objectif instrumental.

Résumé

Plus de cinq décennies de recherche sur le vieillissement réussi ont contribué au développement d'une littérature multidisciplinaire et riche en diversité mé-

2. L'analyse marginale repose sur l'idée fondamentale que les individus prennent des décisions à la marge, comparant (de façon consciente/inconsciente et selon l'information disponible) les coûts et les bénéfices qu'ils peuvent retirer de la consommation d'une unité supplémentaire.

thodologique. Le concept de réussite a su élever la discussion gérontologique au-delà de la simple notion de survie (Glass, 2003), mettant en avant plan les dimensions positives de la vieillesse, l'hétérogénéité des parcours de vieillissement, la capacité d'adaptation des individus âgés et le processus décisionnel d'allocation des ressources. Les études existantes s'accordent dans l'ensemble sur une vision multidimensionnelle du vieillissement réussi, où les indicateurs objectifs et subjectifs de l'idéal type à atteindre s'inscrivent dans le continuum du développement humain, de la trajectoire de vie et du contexte socio-économique (Bowling, 2007; Cho, Martin, & Poon, 2015; Cosco et al., 2014; Inui, 2003; Pruchno, Wilson-Genderson, Rose, & Cartwright, 2010; Stowe & Cooney, 2015). L'absence de consensus face aux standards de succès demeure toutefois une limite fondamentale de la recherche sur le vieillissement réussi (Cosco et al., 2014), un défi d'intégration théorique que relève le modèle conceptuel SPF-SA.

Santé physique objective

Résilience physique et réserve physiologique

Centrale au processus de vieillissement réussi (Harris, 2008; Resnick, Galik, Dorsey, Scheve, & Gutkin, 2011; Resnick & Inguito, 2011; Whitson et al., 2016), la résilience physique se réfère à la capacité de l'individu à maintenir ou à recouvrer sa santé physique face aux chocs qui accompagnent l'avancée en âge (Nygren et al., 2005; Resnick et al., 2005; Whitson et al., 2016). Ce concept général s'intéresse à l'individu âgé dans sa globalité, où la caractéristique évolutive de résilience est influencée par la nature du stressor, l'environnement (incluant la résilience économique et sociale), les expériences de vie, les facteurs psychologiques (incluant la résilience psychologique et émotionnelle), les traits de personnalité, les facteurs génétiques et la réserve physiologique (Resnick et al., 2011;

Resnick, Klinedinst, Yerges-Armstrong, Choi, & Dorsey, 2015 ; Whitson et al., 2016). La capacité de réserve physiologique se réfère pour sa part à la faculté du corps (cellules, tissus, organes) à maintenir l'homéostasie suite à une perturbation (Neustadt & Pieczenik, 2008 ; Resnick et al., 2011 ; Whitson et al., 2016), une mesure généralement quantifiée par la réponse des systèmes organiques clés à un stress précis ou à une augmentation de la demande (Whitson et al., 2016 ; Wong, Wong, Pang, Azizah, & Dass, 2003). Les aînés résilients tendent à démontrer une attitude plus positive envers la vie (Jeste et al., 2013 ; Nygren et al., 2005), de même qu'une motivation accrue pour l'exercice physique (Resnick & D'Adamo, 2011 ; Resnick et al., 2008, 2005) et une plus grande capacité d'adaptation au vieillissement (G. Becker & Newsom, 2005 ; Bonanno et al., 2002 ; Harris, 2008 ; Nygren et al., 2005 ; Rossi, Bisconti, & Bergeman, 2007).

En contraste net avec la richesse du concept de résilience psychologique, la résilience physique demeure peu étudiée et peu comprise dans la littérature gérontologique (Neustadt & Pieczenik, 2008 ; Whitson et al., 2016). Nombreux sont les défis qui accompagnent ce domaine scientifique naissant, dont l'absence fondamentale de définitions consensuelles, de normes de référence et de mesures standardisées (Whitson et al., 2016). L'approche longitudinale des trajectoires fonctionnelles représente une voie de recherche prometteuse et inexplorée de la résilience physique, ciblant le rôle d'importance de la réserve physiologique et des facteurs intrinsèques/extrinsèques dans l'optimisation des trajectoires résistantes (absence de changement physiologique suite à un stress) ou résilientes (déclin des fonctions suivi d'une récupération) de vieillissement (Whitson et al., 2016). Selon un consensus de plus en plus large, la notion de fragilité reposerait sur la diminution de réserve qui soumet l'individu âgé à un risque accru de vulnérabilité (Bortz 2nd, 1993 ; Fried et al., 2001 ; Fried & Walston, 2003 ; Hamerman, 1999 ; Lipsitz & Goldberger, 1992). Le syndrome gériatrique de fragilité résulterait de

la déficience de plusieurs systèmes biologiques, une vitalité dont l'expression de déclin est notamment quantifiée par les marqueurs associés à la diminution de l'équilibre, la perte de force musculaire, le ralentissement de la marche, la diminution de l'énergie et la perte de poids involontaire (A. J. Campbell & Buchner, 1997 ; Fried et al., 2001 ; Fried & Walston, 2003). Cette conceptualisation de la fragilité permet la distinction avec la notion d'incapacité (Chin A Paw, Dekker, Feskens, Schouten, & Kromhout, 1999 ; Fried et al., 2001), où l'établissement d'un seuil (encore indéfini) de vulnérabilité favoriserait la mise en œuvre d'approches cliniques et préventives plus efficaces (Bergman, Béland, & Perrault, 2002 ; Fried, Ferrucci, Darer, Williamson, & Anderson, 2004).

Dynamique des performances physiques

Complémentaires aux données subjectives de perception (Cress et al., 1995 ; Guralnik et al., 1994 ; Myers, Holliday, Harvey, & Hutchinson, 1993 ; Reuben, Siu, & Kimpau, 1992 ; Siu et al., 1993), les tests objectifs de performance physique offrent une sensibilité accrue aux changements subtils et favorisent la robustesse des résultats empiriques (Elam et al., 1991 ; Guralnik, Branch, Cummings, & Curb, 1989 ; Melzer, Lan, Tom, Deeg, & Guralnik, 2004). La diminution des mesures standardisées de performance (force de préhension, force isométrique, levers de chaise, équilibre unipodal, vitesse de marche, mesures agrégées) représente un indicateur fiable de mortalité précoce chez les aînés (Cooper, Kuh, & Hardy, 2010 ; Minneci et al., 2015 ; Roshanravan et al., 2013), et est associée longitudinalement à une augmentation du risque de chute, d'incapacité, de dépendance fonctionnelle et d'institutionnalisation chez cette même population (Bohannon, 2008 ; Chu, Chi, & Chiu, 2005 ; Cooper et al., 2011 ; Guralnik et al., 2000 ; Montero-Odasso et al., 2005 ; Simonsick et al., 2008). Les modèles multivariés de parcours de vie ont également démontré l'impact négatif de l'âge sur les mesures de performance physique (Atkinson et al., 2005 ; Dalle Carbonare et al., 2009 ; Payette

et al., 2011; Raji, Ostir, Markides, & Goodwin, 2002; Seeman et al., 1994), de même que l'effet négatif et indépendant de la dépression (Dalle Carbonare et al., 2009; Payette et al., 2011; Penninx et al., 1998; Raji et al., 2002), des maladies chroniques (Dalle Carbonare et al., 2009; Payette et al., 2011; Raji et al., 2002; Seeman et al., 1994; Wang, van Belle, Kukull, & Larson, 2002), de l'inactivité physique (Payette et al., 2011; Seeman et al., 1995; Wang et al., 2002), de l'obésité (Payette et al., 2011; Seeman et al., 1994), de la diminution d'appétit (Payette et al., 2011), de la consommation élevée d'alcool (Wang et al., 2002), d'un faible revenu (Seeman et al., 1994) et du tabagisme (Wang et al., 2002). La littérature gérontologique suggère enfin une causalité bidirectionnelle entre le cognitif et le physique, où le déclin des capacités cognitives précède la diminution des performances physiques (Atkinson et al., 2010; Inzitari et al., 2007; Payette et al., 2011; Raji et al., 2002; Tabbarah, Crimmins, & Seeman, 2002; Wang et al., 2002) et est prédit par cette dernière (Alfaro-Acha, Al Snih, Raji, Markides, & Ottenbacher, 2007; Boyle, Buchman, Wilson, Leurgans, & Bennett, 2009; Inzitari et al., 2007; Marquis et al., 2002; Waite et al., 2005; Wang, Larson, Bowen, & van Belle, 2006) selon l'étude choisie.

Peu exploitée à l'intérieur de la littérature sur le vieillissement, la nature dynamique inhérente aux données longitudinales rend possible l'analyse du phénomène de persistance intertemporelle et permet le contrôle de l'hétérogénéité inobservée fixe dans le temps (Baltagi, 2005; Hsiao, 2003; Klevmarken, 1989).³ Les travaux de Lange et McKee (2012) ont originalement démontré l'effet de persistance de la force de préhension chez les aînés, se limitant toutefois à l'estimation d'un modèle autorégressif univarié d'ordre 1 (AR1) sous l'hypothèse forte d'effets fixes non-corrélés. Les modèles de parcours de vie ont de plus observé l'impact positif de la

3. Citons en exemple, sans être exhaustif, les effets fixes généralement inobservés à l'échelle d'une étude populationnelle tels que les facteurs génétiques, les traits de personnalité, les aptitudes et le système de valeurs.

performance physique de référence sur le suivi longitudinal (Atkinson et al., 2005 ; Raji et al., 2002 ; Seeman et al., 1994), ignorant à leur tour la corrélation entre les effets fixes et le terme autorégressif.⁴ L'hétérogénéité inobservée tend à augmenter avec l'âge des participants (A. M. Jones & Schurer, 2011), un phénomène susceptible de biaiser l'estimation de paramètres d'intérêt et de surestimer l'effet réel de persistance intertemporelle (Carro & Traferri, 2009, 2014 ; Contoyannis et al., 2004a ; Kim, 2015).

À la différence des études transversales, les échantillons de données en panel sont confrontés au phénomène de sélection causé par le départ non-aléatoire de participants dans le temps. L'approche longitudinale sur le vieillissement est particulièrement sensible à la présence d'attrition sélective (mortalité, refus, institutionnalisation) (P. B. Baltes, 1968 ; Ferraro & Kelley-Moore, 2003 ; Riegel, Riegel, & Meyer, 1967 ; A. J. Wilson & Webber, 1976), un phénomène amplifié par l'avancée en âge des individus (Jay, Liang, Liu, & Sugisawa, 1993 ; Matthews et al., 2004 ; Mihelic & Crimmins, 1997 ; Salas, 2002 ; Vega et al., 2010) et susceptible de produire des résultats biaisés vers une population privilégiée sur le plan socio-économique (Goldman, Lakdawalla, & Zheng, 2009 ; Matthews et al., 2004 ; Mihelic & Crimmins, 1997 ; Norris, 1985 ; Psaty et al., 1994 ; Salas, 2002), sur le plan de la santé mentale (Henderson et al., 1997 ; Mirowsky & Reynolds, 2000 ; Norris, 1985 ; Slymen, Drew, Wright, Elder, & Williams, 1992), sur le plan des capacités physiques (Matthews et al., 2004 ; Mihelic & Crimmins, 1997 ; Mirowsky & Reynolds, 2000 ; Salas, 2002 ; Vega et al., 2010) et sur le plan des capacités cognitives (Glymour, Chêne, Tzourio, & Dufouil, 2012 ; Liu & Anthony, 1989 ; Matthews et al., 2004 ; Van Beijsterveldt et al., 2002 ; Vega et al.,

4. Élargissant quelque peu le contexte théorique, les modèles dynamiques à erreurs composées ont également démontré la continuité de la santé générale déclarée chez la population âgée (Kim, 2015 ; Lange & McKee, 2012) et chez les individus en âge de travailler (Carro & Traferri, 2009, 2014 ; Contoyannis, Jones, & Rice, 2004a, 2004b ; Halliday, 2008).

2010; Weuve et al., 2012).⁵ Le protocole de collecte des données (critères d'admissibilité, personnalisation des contacts, suivi des non-répondants, fardeau de participation, fréquence des entretiens) figure en première ligne d'action face au problème d'attrition non-aléatoire chez la population âgée (Deeg, van Tilburg, Smit, & de Leeuw, 2002; Hébert, Bravo, Korner-Bitensky, & Voyer, 1996; Laurie, Smith, & Scott, 1999; Tennstedt, Dettling, & McKinlay, 1992), un effort de robustesse scientifique également requis à l'étape subséquente d'analyse quantitative (Chatfield, Brayne, & Matthews, 2005; Ferraro & Kelley-Moore, 2003; Mihelic & Crimmins, 1997) mais toutefois marginal à l'intérieur de la littérature empirique sur le vieillissement (Lange & McKee, 2012; Salas, 2002; Weuve et al., 2015).

Demande de santé physique

La conceptualisation de la santé physique, comme un bien durable et dépréciable dans le temps, ouvre la voie interdisciplinaire de l'application du savoir économique au domaine de la santé. La littérature microéconomique offre un cadre analytique applicable à un large spectre de situations décisionnelles (besoins et désirs illimités en présence de ressources limitées), permettant l'organisation conceptuelle des facteurs de risque/prévention et l'explication intuitive des causalités sous-jacentes aux différences individuelles (Muurinen, 1985; Wagstaff, 1986b). Basé sur la théorie du comportement des consommateurs et de la production des ménages (G. S. Becker, 1965; Lancaster, 1966; Michael & Becker, 1973), le modèle structurel de capital humain (Grossman, 1972a, 1972b, 2000) propose un cadre mathématique formel à l'interprétation de la demande de santé

5. Dans une moindre mesure, les modèles multivariés sur le vieillissement démontrent également l'impact significatif de vivre seul (Goldman et al., 2009; Mihelic & Crimmins, 1997; Vega et al., 2010; Zunzunegui, Béland, & Gutiérrez-Cuadra, 2001), d'habiter en région rurale (Goldman et al., 2009; Jay et al., 1993; Vega et al., 2010), d'être un homme (Jay et al., 1993; Matthews et al., 2004; Streib, 1966; Vega et al., 2010) et de fumer (Matthews et al., 2004; Vega et al., 2010) sur la probabilité de quitter l'échantillon dans le temps.

physique. Cette approche coûts-bénéfices mise sur une participation active de l'individu dans la maximisation de son bien-être, où les décisions sont prises à la marge en fonction de la hiérarchie des besoins (préférences), des ressources disponibles et de l'optimisation de celles-ci. La santé physique est produite à l'intérieur d'un ensemble de plusieurs biens et services désirables, obligeant les individus à faire des choix et à évaluer la valeur de la meilleure option écartée (coût d'opportunité). Ces derniers exercent ainsi un haut degré de contrôle sur leur capital de santé physique, où tout changement au niveau du coût d'opportunité est un incitatif à modifier les comportements et les habitudes de vie. Désiré pour la satisfaction (modèle de consommation) et le revenu de travail additionnel (modèle d'investissement) qu'il procure, le capital de santé physique obéit à la loi économique fondamentale selon laquelle, toutes autres choses étant égales par ailleurs, la quantité demandée d'un bien diminue [augmente] lorsque son coût marginal augmente [diminue].

Différentes extensions théoriques ont favorisé l'évolution du modèle décisionnel de Grossman, offrant une simplification de la structure mathématique (Case & Deaton, 2005 ; Dardanoni, 1986 ; Wagstaff, 1986a ; Wolfe, 1985), intégrant la capacité d'adaptation (Gjerde, Grepperud, & Kverndokk, 2005), considérant les membres du ménage (Bolin, Jacobson, & Lindgren, 2001, 2002 ; Grossman, 1976 ; Jacobson, 2000), incorporant les rendements d'échelle décroissants (Ehrlich & Chuma, 1990 ; Galama, 2011 ; Galama, Hullegie, Meijer, & Outcault, 2012), proposant une généralisation théorique (Muurinen, 1982), permettant une solution en coin (Galama & Kapteyn, 2011 ; Wolfe, 1985) et introduisant une décision de retraite endogène (Galama, Kapteyn, Fonseca, & Michaud, 2008, 2013). Plusieurs auteurs ont de plus critiqué l'hypothèse déterministe du modèle de capital humain, hypothèse selon laquelle l'individu évolue dans un environnement dépourvu d'incertitude et de risque. Introduite formellement sous la forme d'une

probabilité d'incidence de maladie (Cropper, 1977 ; Dardanoni & Wagstaff, 1990 ; Liljas, 1998 ; Picone, Uribe, & Wilson, 1998), d'incertitude face à l'efficacité des soins médicaux (Dardanoni & Wagstaff, 1990), d'une fonction de revenu aléatoire (Chang, 1996 ; Dardanoni & Wagstaff, 1987 ; Selden, 1993) ou d'une probabilité d'incidence de décès (Gjerde et al., 2005), l'incertitude tend globalement à augmenter la valeur espérée du capital de santé physique et le niveau d'investissement brut. Ce constat est toutefois dépendant de la spécification du risque, essentiellement théorique et difficilement quantifiable (Grossman, 2000).

Malgré un impact scientifique considérable, le modèle de demande de santé physique n'a fait l'objet que d'un nombre restreint d'analyses empiriques formelles. Cette littérature quantitative est caractérisée par une grande diversité méthodologique, où la variable dépendante d'intérêt fut étudiée sous sa forme subjective multidimensionnelle à l'intérieur d'un système d'équations structurelles (Erbsland, Ried, & Ulrich, 1995 ; Van de Ven & Van der Gaag, 1982) et d'un modèle en composantes principales (Wagstaff, 1986a), quantifiée objectivement (journées d'absence de travail pour cause de maladie) à partir d'une régression linéaire (Grossman, 1972a) et d'un maximum de vraisemblance Tobit-Probit simultané (Stratmann, 1999) et, enfin, analysée sous sa forme subjective à partir d'un modèle de régression linéaire (Grossman, 1972a), de l'approche longitudinale des moindres carrés généralisés avec effets aléatoires (Nocera & Zweifel, 1998), d'un Probit ordonné (Gerdtham & Johannesson, 1999 ; Gerdtham, Johannesson, Lundberg, & Isacson, 1999) et d'un modèle Tobit (Gerdtham et al., 1999). Unanimement, ces études populationnelles ont validé la relation positive prédite entre l'éducation (optimisation des ressources) et la santé physique. À l'exception des travaux de Stratmann (1999), la littérature a également confirmé le lien positif anticipé entre le revenu et la demande de santé, de même que la diminution de cette dernière avec l'avancée en âge. Différentes extensions empiriques ont de plus

démontré l'impact négatif de certains facteurs environnementaux, dont la pollution (Erbsland et al., 1995), l'urbanisation (Erbsland et al., 1995 ; Gerdtham & Johannesson, 1999 ; Wagstaff, 1986a), le travail manuel (Wagstaff, 1986a), le taux de chômage (Van de Ven & Van der Gaag, 1982) et le coût de déplacement afin de consulter un médecin (Gerdtham et al., 1999). Vivre seul (Gerdtham & Johannesson, 1999 ; Gerdtham et al., 1999 ; Nocera & Zweifel, 1998), être en surplus de poids (Gerdtham & Johannesson, 1999 ; Gerdtham et al., 1999 ; Nocera & Zweifel, 1998), être d'origine non-caucasienne (Stratmann, 1999), et fumer (Gerdtham et al., 1999 ; Nocera & Zweifel, 1998) ont également été associés à une faible demande de santé physique. L'effet du sexe masculin, estimé positif (Grossman, 1972a ; Stratmann, 1999 ; Wagstaff, 1986a) ou négatif (Gerdtham & Johannesson, 1999) selon l'étude choisie, demeure pour sa part ambiguë. Enfin, les effets bénéfiques de la pratique d'activités sportives (Erbsland et al., 1995 ; Gerdtham et al., 1999 ; Nocera & Zweifel, 1998), d'une consommation modérée d'alcool (Gerdtham et al., 1999) et d'une visite chez le médecin (Stratmann, 1999) ont été observés.

Les travaux sur la production de santé physique présentent certaines limites importantes. En premier lieu, les études citées visent essentiellement les personnes en âge de travailler et délaissent la population plus âgée. Les travaux de Galama et al. (2008, 2013) proposent une extension théorique en ce sens, se limitant toutefois à la période de transition vers la retraite. En second lieu, l'approche quantitative longitudinale demeure relativement marginale à l'intérieur de la littérature empirique (Nocera & Zweifel, 1998). La dynamique intertemporelle inhérente au modèle de Grossman reste de plus largement inexplorée (Galama et al., 2012 ; Usher, 1976), minimisant le développement de solutions d'équilibre avec effet de persistance ou coûts d'ajustement. Wagstaff (1993) propose une reformulation dynamique du modèle de capital humain, posant toutefois l'hypothèse forte d'une fonction de production linéaire en ses intrants (Grossman, 2000).

En troisième lieu, le temps investi par l'individu demeure une composante sous-exploitée du modèle de Grossman (Leibowitz, 2004). Les études théoriques et empiriques se concentrent principalement sur le coût d'opportunité monétaire du temps, négligeant la dimension non-pécuniaire de ce facteur de production de la santé physique. En quatrième lieu, la littérature empirique sous-estime le phénomène d'endogénéité statistique qui accompagne ce modèle de production jointe (Grossman, 2000). Les travaux de Galama et al. (2012) et de Stratmann (1999) ciblent respectivement le biais d'estimation causé par la présence de causalité inverse et d'hétérogénéité individuelle inobservée, se limitant toutefois à la nature endogène des soins médicaux et de la santé physique. Enfin, la notion d'objectivité que sous-tend le concept de demande de santé physique demeure essentiellement absente de la démarche empirique. Les études quantitatives existantes se fondent sur des mesures subjectives et non-standardisées de la santé physique, minimisant la généralisabilité et la pertinence des conclusions émises.

Résumé

Suivant un ensemble d'individus dans le temps, les échantillons de panel jouent un rôle fondamental à l'avancement de la compréhension du processus de vieillissement réussi. La disponibilité accrue d'échantillons populationnels de grande qualité a favorisé l'émergence de l'analyse quantitative longitudinale (Cutler, 1995 ; George, 1995 ; Kasl, 1995), permettant le développement de l'approche des parcours de vie et libérant les chercheurs du fardeau de distinguer les effets uniques de l'âge et de cohorte (Ferraro & Kelley-Moore, 2003). Les modèles dynamiques à erreurs composées ouvrent pour leurs parts de nouvelles perspectives à l'étude de la résilience physique/physiologique chez les aînés, une voie de recherche prometteuse mais toutefois vulnérable au phénomène d'attrition qui accompagne les données objectives de performance (Kempen, Steverink, Ormel, & Deeg, 1996 ; Myers et al., 1993). L'approche microéconomique de la demande de santé ouvre

de plus une voie de recherche féconde sur le vieillissement réussi, permettant la conceptualisation analytique et mathématique des mécanismes décisionnels implicites aux facteurs de risque/prévention.

Objectifs de recherche

Trois objectifs complémentaires sont consacrés à la réalisation du but de recherche principal. Le premier objectif de cette thèse doctorale vise l'élaboration d'un modèle décisionnel et intégratif des principales théories du vieillissement réussi. Cette conceptualisation biopsychosociale du vieillissement s'inscrit dans une démarche de consolidation théorique, tout en offrant le niveau d'abstraction nécessaire au développement mathématique qu'elle appuie. Le second objectif dirige l'intérêt de recherche vers la dimension physiologique du vieillissement, et cible la minimisation des erreurs de spécification dans la dérivation formelle de la demande dynamique de santé physique chez les aînés. Cet objectif vise à élargir le champ d'application du modèle de Grossman à l'étude du vieillissement réussi, et vise également le développement théorique de ce dernier par l'ajout des composantes non-monétaires du temps et d'une structure dynamique. Enfin, le troisième objectif vise l'estimation convergente et non-baisée des déterminants contemporains de la demande de santé (performance physique) chez la population âgée. Cinq hypothèses empiriques découlent de ce dernier objectif de recherche, où il est attendu 1) un effet de persistance intertemporelle associé à la capacité de réserve physiologique ; 2) un effet négatif associé à l'avancée en âge ; 3) un impact positif associé à une bonne santé mentale et cognitive ; 4) un impact négatif associé au fardeau des incapacités ; et 5) un effet positif associé à de saines habitudes de vie.

Développement théorique

Ce chapitre établit les fondements théoriques et mathématiques de la présente étude doctorale. Un cadre conceptuel engage la réflexion scientifique, suivi en corollaire de l'élaboration d'un cadre théorique intégrant les principales théories du vieillissement réussi. Une représentation mathématique de l'objet construit est proposée en troisième lieu, où une équation structurelle de la demande de santé physique chez les aînés est formellement dérivée. Un appendice complète ces développements théoriques.

Cadre conceptuel

Suivant la structure théorique proposée par P. B. Baltes et Baltes (1990) et Atchley (1989, 1999), cinq propositions et deux axiomes sont énoncés. Il peut être convenu que la conceptualisation du vieillissement réussi nécessite d'être située à l'intérieur d'un cadre conceptuel sur la nature du vieillissement, assurant la cohérence interne de son corollaire théorique et la pertinence pragmatique de sa représentation mathématique (Achenbaum & Bengtson, 1994; Cumming & Henry, 1961; Zetterberg, 1965).

Proposition 1 : Le vieillissement pathologique, usuel et réussi.

Cette première proposition intègre la notion utopique de réussite et établit une nette distinction entre le vieillissement pathologique et normal. Sous sa forme heuristique, le vieillissement normal est défini par l'absence de pathologies (au niveau physiologique, cognitif et socioéconomique) et intègre deux concepts distincts (Rowe & Kahn, 1987, 1997, 1998) : 1) le vieillissement usuel, regroupant la grande majorité des individus âgés et dont les facteurs extrinsèques tendent à augmenter les effets négatifs intrinsèques de l'avancée en âge ; et 2) le vieillisse-

ment réussi objectif, un fonctionnement biopsychosocial supérieur pour lequel les facteurs extrinsèques jouent un rôle neutre ou positif face au vieillissement.

Proposition 2 : La capacité de réserve cognitive et physiologique latente.

Le concept de réserve latente met l'emphase sur le potentiel intraindividuel et définit la tolérance face à l'altération fonctionnelle (Barulli & Stern, 2013; Morris et al., 2006; Mosqueda, 2004; Stern, 2002, 2009). Par un effort soutenu et un entraînement approprié, il est possible pour l'individu âgé d'optimiser sa réserve cognitive et physiologique latente, et ainsi minimiser les effets négatifs de l'avancée en âge (P. B. Baltes & Lindenberger, 1988; Heikkinen, 2006; Hogan, 2005; Jaeggi, Buschkuehl, Jonides, & Perrig, 2008; Rowe & Kahn, 1998). L'atteinte d'un haut niveau fonctionnel est cependant limitée par la diminution de la capacité de réserve causée par le vieillissement normal (P. B. Baltes & Kliegl, 1992; Brehmer, Li, Müller, Von Oertzen, & Lindenberger, 2007; Faulkner, Davis, Mendias, & Brooks, 2008; Goldspink, 2005; Kliegl, Smith, & Baltes, 1989).

Proposition 3 : La continuité interne et externe.

Définie selon la structure générale interne (psychologique) et externe (environnementale et sociale) inscrite dans la mémoire de l'individu, la perception de continuité facilite le processus d'adaptation au vieillissement normal (Atchley, 1989, 1999). Essentiellement fixée à partir de l'âge adulte, la structure interne fondamentale guide la construction d'un environnement stable et familier (Atchley, 1999; Caspi, Roberts, & Shiner, 2005; B. W. Roberts & Mroczek, 2008).

Proposition 4 : Le rôle compensatoire des connaissances pragmatiques et de la technologie.

Robuste au vieillissement normal, l'intelligence cristallisée est le reflet des connaissances pragmatiques acquises au cours de la vie. Celle-ci joue un rôle com-

pensatoire face à la diminution de l'intelligence fluide-mécanique observée avec l'avancée en âge, contribuant à l'indépendance fonctionnelle des aînés (P. B. Baltes, 1993 ; Catell, 1971 ; Horn, 1970).⁶ À son tour, l'avancement des technologies (d'assistance) permet de compenser, en tout ou en partie, la diminution de la capacité de réserve cognitive et physiologique observée avec le vieillissement normal. Ces connaissances externes à l'individu facilitent l'adaptation au changement et améliorent la qualité de vie de la population âgée (Cullen & Moran, 1992 ; Hartke, Prohaska, & Furner, 1998 ; Hoenig, Taylor, & Sloan, 2003 ; Verbrugge, Rennert, & Madans, 1997).

Axiome 1 : La rareté des ressources disponibles.

Le problème fondamental et universel de la rareté (ressources limitées pour des besoins et désirs illimités) impose la nécessité de faire des choix et, par le fait même, un coût d'opportunité correspondant à la valeur de la meilleure alternative écartée (Parkin & Bade, 2006). Le processus de développement de l'individu âgé est le reflet d'une interaction entre les gains et les pertes, une dynamique découlant de la spécialisation adaptative et dont la balance positive diminue avec l'avancée en âge (P. B. Baltes & Baltes, 1990 ; Brandtstädter & Greve, 1994 ; Heckhausen, Dixon, & Baltes, 1989).

Proposition 5 : L'hétérogénéité des parcours de vieillissement.

La population âgée se distingue par la diversité des individus qui la composent et la variabilité interindividuelle des parcours de vieillissement normal. Le risque de vieillissement pathologique (Proposition 1), la capacité d'adaptation (Propositions 2, 3 et 4), les facteurs génétiques (Propositions 2), le milieu de vie (Proposition 3), les caractéristiques individuelles (Proposition 3), ainsi que les choix de vie (Proposition 1 et axiome 1) représentent les principales sources d'hétéro-

6. Profil classique du vieillissement (Botwinick, 1977).

généité associées au vieillissement (P. B. Baltes & Baltes, 1990 ; H. Christensen et al., 1999 ; Dannefer, 1988 ; Maddox & Douglas, 1974 ; Nelson & Dannefer, 1992 ; Rowe & Kahn, 1987).

Axiome 2 : La demande dérivée des biens et services médicaux.

La demande de biens et services médicaux dérive de la demande de santé elle-même, laquelle seule produit directement de la satisfaction (Grossman, 1972a, 1972b). Pour l'individu âgé, l'incidence sur la conservation du capital de santé est la motivation principale de la consommation de produits et services médicaux.

Cadre théorique

L'ensemble des propositions et axiomes énoncés privilégie une reconstruction théorique du processus décisionnel intégrant la rareté des ressources, la diversité des parcours de vie et la capacité d'adaptation de l'individu âgé. La Figure 1 suivante résume la dynamique évolutive du cadre intégratif proposé. Par l'usage de stratégies familiales, l'individu âgé mobilise les ressources financières et biopsychosociales disponibles afin de préserver les structures internes et externes fondamentales déjà existantes (Atchley, 1989, 1999 ; Brandtstädter & Baltes-Götz, 1990). Les travaux de P. B. Baltes et Baltes (1980, 1990) distinguent les stratégies de sélection-optimisation-compensation (SOC), mécanismes d'adaptation pro-actifs ou réactifs se produisant à un niveau conscient ou inconscient de l'individu. Ce dernier sélectionne les besoins/désirs qu'il juge prioritaires, optimise les ressources à sa disposition et compense, dans la mesure du possible, les pertes associées au vieillissement normal. Les stratégies SOC s'inscrivent à l'intérieur d'une approche microéconomique néoclassique, où les décisions sont prises à la marge en fonction des coûts et des gains additionnels découlant de la consommation d'un bien/service. La réussite du vieillissement est ainsi défi-

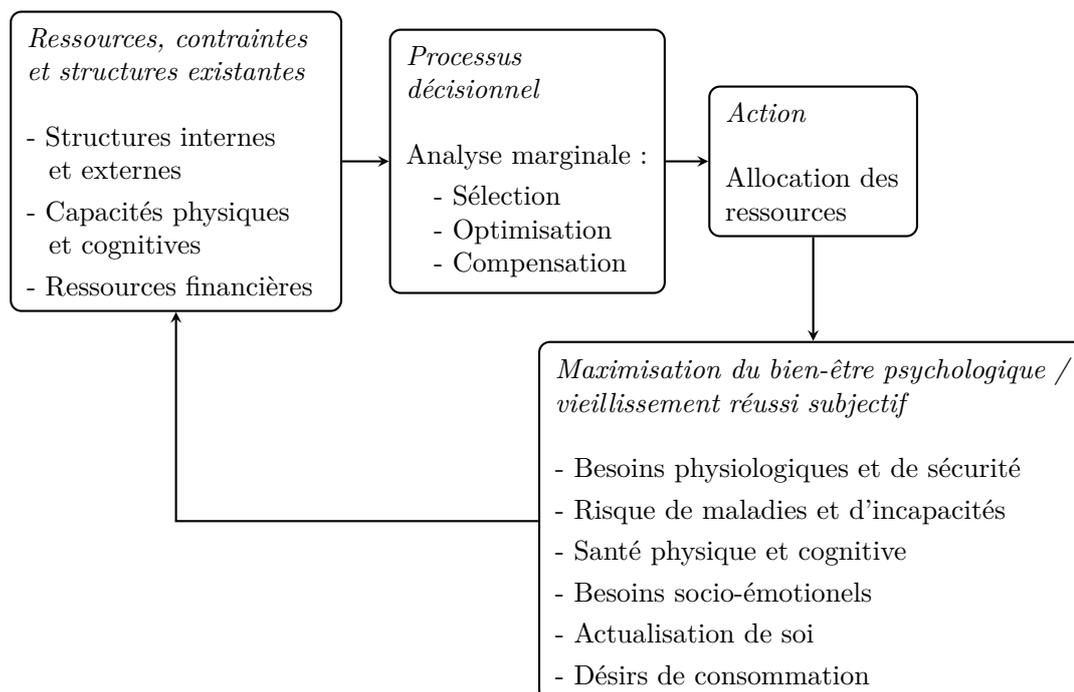


Figure 1. Processus décisionnel d'adaptation au vieillissement normal.

nie par l'état de bien-être global qui accompagne l'assouvissement des besoins et désirs (Havighurst, 1961, 1963 ; Palmore, 1979 ; Ryff & Keyes, 1995 ; Steverink et al., 1998), un état psychologique évalué subjectivement selon la situation de vie générale (Bradburn, 1969 ; Diener, 1984) et maximisé au point d'équilibre du consommateur.⁷ D'après les travaux de Steverink et al. (1998), l'individu âgé évolue à l'intérieur d'une définition multidimensionnelle du vieillissement réussi et alloue la totalité de ses ressources à l'atteinte de six objectifs substituables : 1) assouvir les besoins physiologiques élémentaires (manger, boire, dormir, protection contre les éléments) et de sécurité (financière, physique, psychologique, familiale) (Maslow, 1943, 1954) ; 2) minimiser les risques de maladies et les incapacités qui en découlent (Rowe & Kahn, 1998), afin de satisfaire le besoin primaire de sécurité face à la santé (Maslow, 1943, 1954) et le désir de longévité (Palmore, 1979) ;

7. Mathématiquement, l'équilibre du consommateur est atteint lorsque les ressources disponibles sont allouées au panier de consommation accessible dont le ratio du bénéfice marginal sur le coût marginal est identique pour l'ensemble des biens et services (Parkin & Bade, 2006).

3) maximiser les fonctions physiques et cognitives (Rowe & Kahn, 1998) et, par le fait même, le degré d'autonomie et de contrôle sur son environnement (Ryff, 1982, 1989a); 4) satisfaire les besoins socio-émotionnels (appartenance, respect, empathie, affection, estime) (Maslow, 1943, 1954; Rowe & Kahn, 1998; Ryff, 1982, 1989a); 5) l'actualisation de soi (épanouissement, sens à la vie, croissance personnelle, acceptation de soi) (Maslow, 1943, 1954; Rowe & Kahn, 1998; Ryff, 1982, 1989a); et 6) assouvir les désirs de consommation autres. Cette structure de vie réduite et plus efficace remplace enfin les paramètres initiaux du processus décisionnel (P. B. Baltes & Baltes, 1990), bouclant un cycle d'apprentissage continu et répété tout au long du parcours de vieillissement.⁸ L'individu âgé demeure libre de développer ses mécanismes d'adaptation selon l'expérience acquise (Atchley, 1999), et libre également de définir la hiérarchie des besoins/désirs en fonction de ses préférences, des constructions sociales et des contraintes imposées (Atchley, 1999; P. B. Baltes & Baltes, 1990; M. M. Baltes & Carstensen, 1996; Goebel & Brown, 1981; Steverink et al., 1998).

Modèle mathématique

D'après le modèle de consommation pure de Grossman (1972a, 1972b, 2000) et la simplification théorique proposée par Wagstaff (1986a), l'individu âgé maximise la fonction intertemporelle de bien-être global suivante :

$$\sum_{t=0}^T \frac{1}{(1 + \alpha_1)^t} (U[H_t, C_t] - D[m_t, g_t]), \quad (1)$$

où H_t est le niveau objectif de santé physique, $C_t = \sum_{\ell=1}^{\ell^*} C_{\ell t}$ est un panier composite de biens et services comblant les autres dimensions du vieillissement

8. Ce nouvel équilibre, bien qu'il connote un désengagement volontaire (Cumming & Henry, 1961; Schulz & Heckhausen, 1996) ou involontaire (Havighurst, 1961, 1963) de l'individu, se réfère également à des domaines nouveaux, substitués ou transformés de la vie (P. B. Baltes & Baltes, 1990; Brandtstädter & Baltes-Götz, 1990; Burgess, 1960).

réussi, et où le paramètre de préférence temporelle $\alpha_1 \geq 0$ représente l'importance accordée au bien-être futur, aujourd'hui.⁹ L'individu dérive l'utilité $U[H_t, C_t]$ de ce processus de sélection adaptative, et associe une perte de bien-être $D[m_t, g_t]$ au temps investi à la production du panier composite (g_t) et de la santé physique (m_t).¹⁰ La valeur marginale d'une marchandise est assumée décroissante avec la quantité déjà consommée (loi de l'utilité marginale décroissante), et le modèle repose sur l'axiome de non-satiété selon lequel l'individu préfère toujours obtenir plus que moins (monotonie des préférences).¹¹ Le moment du décès ($T + 1$) est assumé endogène et défini par l'atteinte d'un seuil minimal de santé physique $H_{T+1} \leq H_{min}$, et $H_t > H_{min}$ sinon. À la prise de la retraite ($t = 0$), l'individu est doté d'une réserve de santé physique $H_0 = H_{init}$ évoluant selon la fonction

$$H_{t+1} = I_t + (1 - \delta_t)H_t, \quad (2)$$

où $\delta_t \in (0, 1)$ est le taux de dépréciation biologique, et où l'investissement brut $I_t > 0 \forall t$ évolue selon la fonction de production Cobb-Douglas¹²

$$I_t = M_t^{\iota(1-\beta_I)} m_t^{\iota\beta_I} \xi_t, \quad (3)$$

où $\beta_I \in (0, 1)$, le paramètre $\iota \in (0, 1)$ définit les rendements d'échelle décroissants (Galama, 2011 ; Galama et al., 2012), M_t représente les produits et services médicaux intrants, m_t est le temps investi, et où ξ_t est un paramètre d'efficience

9. Où $\alpha_1 \rightarrow \infty$ définit un niveau de prévoyance nul.

10. Représentation ordinale et abstraite des préférences individuelles, l'utilité est une mesure indirecte du bien-être psychologique. L'utilité, exprimée directement en fonction de la santé physique, est une formulation plus générale et essentiellement équivalente au modèle original de capital humain (Case & Deaton, 2005 ; Galama & Kapteyn, 2011 ; Picone et al., 1998).

11. Assumant U_t continûment différentiable, concave et croissante en H_t et C_t : $\partial U_t / \partial H_t > 0$, $\partial^2 U_t / \partial^2 H_t < 0$, $\partial U_t / \partial C_t > 0$, et $\partial^2 U_t / \partial^2 C_t < 0$. La fonction de désutilité $D[m_t, g_t]$ est pour sa part assumée croissante en m_t et g_t : $\partial D_t / \partial m_t > 0$, et $\partial D_t / \partial g_t > 0$.

12. Une consommation non-nulle de produits et services médicaux exclue la possibilité d'une solution en coin (Galama & Kapteyn, 2011), une hypothèse jugée faible lorsque appliquée à une population âgée.

et d'optimisation des ressources avec $\xi_{t-1} \geq \xi_t$ (Freund & Baltes, 1998, 1999, 2002).¹³ L'individu est de plus doté d'une réserve de santé cognitive $\tilde{H}_0 = \tilde{H}_{init}$, évoluant selon la fonction indéfinie

$$\tilde{H}_{t+1} = f_{1t}, \quad (4)$$

avec $\tilde{H}_{T+1} = \tilde{H}_{fin}$. À ce capital initial de santé physique et cognitive, s'ajoute une richesse financière initiale $A_0 = A_{init}$ évoluant selon la fonction

$$A_{t+1} = (1 + r)A_t + Y_t - q_t M_t - \sum_{\ell=1}^{\ell^*} p_{\ell t} G_{\ell t}, \quad (5)$$

où r , q_t et $p_{\ell t}$ représentent le taux d'intérêt, le prix des produits et services médicaux, et le prix des produits et services intrants dans la production du panier composite, respectivement. L'individu est considéré libre de toutes dettes au moment du décès ($A_{T+1} = A_{fin} \geq 0$), et le revenu de retraite Y_t est assumé indépendant du niveau de santé physique (Case & Deaton, 2005; Galama et al., 2013). Enfin, le panier composite $C_t = \sum_{\ell=1}^5 C_{\ell t}$ regroupe la production de marchandises substitués à la santé physique (C_{1t}), d'activités physiques (récréatives et domestiques) complémentaires à la santé physique (C_{2t}), de marchandises bénéfiques pour la santé physique (C_{3t}), de marchandises dommageables pour la santé physique (C_{4t}), et autres (C_{5t}).¹⁴ La marchandise $C_{\ell t}$ est produite selon une fonction Cobb-Douglas à rendements d'échelle constants

$$C_{\ell t} = G_{\ell t}^{1-\beta_{C\ell}} g_{\ell t}^{\beta_{C\ell}} \zeta_{\ell t}, \quad \ell = 1, \dots, 5, \quad (6)$$

13. Il est généralement reconnu que la production de santé physique obéit à la loi des rendements d'échelle décroissants (Ehrlich & Chuma, 1990; Galama et al., 2012; Wagstaff, 1986b). Le modèle original de Grossman assume pour sa part une fonction de production avec rendements d'échelle constants ($\iota = 1$).

14. Toutes autres choses étant égales, une augmentation de H_t diminue [augmente] l'utilité marginale d'un produit ou service substitut [complément] à la santé physique. De même, l'accroissement de la consommation d'un substitut [complément] diminue [augmente] l'utilité marginale de H_t . Pour le présent modèle : $\partial^2 U_t / (\partial C_{1t} \partial H_t) < 0$; et $\partial^2 U_t / (\partial C_{2t} \partial H_t) > 0$.

où $G_{\ell t}$ représente les biens et services intrants, $g_{\ell t}$ le temps investi, $\beta_{C\ell} \in (0, 1)$, et où $\zeta_{\ell t}$ est un paramètre d'efficience et d'optimisation des ressources.¹⁵

Respectant les équations (3) et (6), la fonction intertemporelle (1) est maximisée sous les contraintes dynamiques (2), (4) et (5). Pour les variables d'intérêt H_t et C_{1t} , le Lagrangien associé à ce problème de maximisation dynamique conduit aux équations d'équilibre suivantes (voir les appendices A et B) :

$$\frac{\partial U_t}{\partial H_t} = \lambda_{A0}^{\iota(1-\beta_I)} \pi_{Ht} \left(\frac{1 + \alpha_1}{1 + r} \right)^{\iota t(1-\beta_I)}, \quad (7)$$

$$\frac{\partial U_t}{\partial C_{1t}} = \lambda_{A0}^{1-\beta_{C1}} \pi_{C1t} \left(\frac{1 + \alpha_1}{1 + r} \right)^{t(1-\beta_{C1})}, \quad (8)$$

où λ_{A0} est le coût fictif de la richesse initiale, et

$$\pi_{Ht} = \pi_{It} \left(\delta_t - 1 + \frac{\pi_{I,t-1} (1+r)^{\iota(1-\beta_I)} (1+\alpha_1)^{1-\iota(1-\beta_I)}}{\pi_{It}} \right), \quad (9)$$

$$\pi_{It} = \frac{(\partial D_t / \partial m_t)^{1-\iota(1-\beta_I)} q_t^{\iota(1-\beta_I)} \zeta_t^{-\iota}}{\iota(1-\beta_I)^{\iota(1-\beta_I)} \beta_I^{1-\iota(1-\beta_I)}}, \quad (10)$$

$$\pi_{C1t} = \frac{(\partial D_t / \partial g_{1t})^{\beta_{C1}} p_{1t}^{1-\beta_{C1}} \zeta_{1t}^{-1}}{(1-\beta_{C1})^{1-\beta_{C1}} \beta_{C1}^{\beta_{C1}}}, \quad (11)$$

représentent le coût marginal du capital de santé physique H_t , de l'investissement brut I_t et du panier de consommation de biens et services substitués C_{1t} , respectivement. La condition (7), réduite en M_t et centrale à la littérature de production de santé physique,¹⁶ détermine la demande de santé physique au point d'équilibre H_t entre le bénéfice marginal de la santé physique $\partial U_t / \partial H_t$ et son coût marginal à la période t (Figure 2). Toutes autres choses étant égales par

15. Citons en exemple la production d'un repas équilibré (C_{3t}), nécessitant l'achat d'aliments frais (G_{3t}) et un investissement en temps de préparation et de déplacement (g_{3t}). Ou encore, la pratique d'un loisir tel que le cyclisme (C_{2t}) nécessitant l'achat d'un équipement spécialisé (G_{2t}) et un temps de déplacement (g_{2t}).

16. Les conditions d'équilibre (7) et (8) se distinguent essentiellement de la littérature existante par l'introduction des coûts marginaux non-monétaires $\partial D_t / \partial m_t$ et $\partial D_t / \partial g_{1t}$.

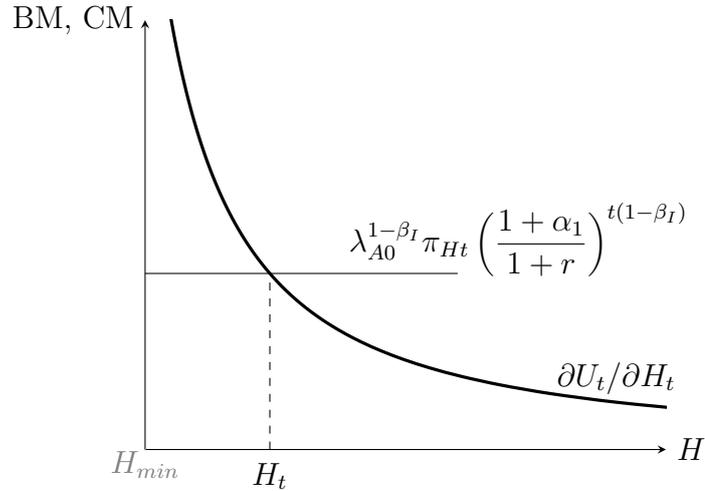


Figure 2. Dynamique marginaliste directe du capital de santé physique. D'après Grossman (1972a, 1972b).

ailleurs, une variation du coût marginal (CM) entraîne un déplacement le long de la courbe descendante du bénéfice marginal (BM), où un niveau inférieur [supérieur] au point optimal H_t incite l'individu à investir dans sa santé physique [laisser déprécier] jusqu'à l'atteinte de l'équilibre. Une détérioration de la condition économique initiale λ_{A0} , un taux de dépréciation biologique δ_t élevé, une augmentation du coût marginal $\partial D_t / \partial m_t$, une hausse du prix q_t et une diminution de l'efficacité ξ_t tendent ainsi à réduire le niveau objectif de santé physique H_t . Similairement, l'équation (8) détermine le niveau optimal de la marchandise C_{1t} . Ce dernier requiert l'égalité entre le bénéfice marginal $\partial U_t / \partial C_{1t}$ et le coût marginal de production, démontrant l'impact négatif d'une augmentation de λ_{A0} et du coût marginal $\pi_{C_{1t}}$ sur la production de C_{1t} . Conditions d'équilibre sous-jacentes à la maximisation du bien-être psychologique, les équations (7) et (8) établissent les bases mathématiques nécessaires à la dérivation de la demande de santé physique chez les aînés.

La conversion des équations (7) et (8), en une fonction générale et applicable de la demande de santé physique chez les aînés, nécessite l'imposition d'hypo-

thèses supplémentaires sur les paramètres δ_t , ξ_t , $\zeta_{\ell t}$, D_t , et U_t . Le taux de dépréciation biologique capture l'effet contemporain de l'âge t et des habitudes de vie modifiables (Case & Deaton, 2005; Erbsland et al., 1995; Gerdtham & Johannesson, 1999; Gerdtham et al., 1999; Nocera & Zweifel, 1998), évoluant selon la forme

$$\delta_t = \delta_0 \exp(\beta_{\delta 1} t - \beta_{\delta 2} C_{2t} - \beta_{\delta 3} G_{3t} + \beta_{\delta 4} G_{4t} + \beta_{\delta 5} X_{\delta t} + u_{\delta t}), \quad (12)$$

où le paramètre $\beta_{\delta 1}$ intègre notamment l'impact du stress oxydatif (Harman, 1956, 1962, 1972) et de la perte d'efficacité du système immunitaire (Walford, 1969), $X_{\delta t}$ est un vecteur de variables environnementales ou autres, le terme d'erreur $u_{\delta t} \sim N(0, \sigma_{\delta}^2)$ synthétise l'information non explicitée par le modèle, et où le taux biologique de dépréciation initial δ_0 est un paramètre résultant du parcours de vie (Kuh, Karunanathan, Bergman, & Cooper, 2014; Lynch & Smith, 2005; Muurinen, 1982; Offidani, Tomba, & Linder, 2013) et intégrant les facteurs génétiques (Ben-Avraham, Muzumdar, & Atzmon, 2012; Brooks-Wilson, 2013; Gravina & Vijg, 2010; Passarino, De Rango, & Montesanto, 2016; Zhu, Belcher, & van der Harst, 2011). Le modèle original de Grossman est ainsi un cas spécial de la forme fonctionnelle (12), où $\beta_{\delta 2} = \dots = \beta_{\delta 5} = 0$.¹⁷ Il est assumé que les paramètres d'optimisation des ressources évoluent en fonction des capacités cognitives \tilde{H}_t , selon la forme suivante :

$$\xi_t = \xi_0 \exp(\beta_{\xi} \tilde{H}_t), \quad (13)$$

$$\zeta_{\ell t} = \zeta_{\ell 0} \exp(\beta_{\zeta \ell} \tilde{H}_t), \quad \ell = 1, \dots, 5, \quad (14)$$

où ξ_0 et $\zeta_{\ell 0}$ intègrent les différents modes de raisonnement et traits de personnalité affectant les stratégies d'optimisation/compensation (Freund & Baltes, 2002).

17. Le cas spécial $\beta_{\delta 2} = \beta_{\delta 3} = \beta_{\delta 4} = 0$ est de plus suggéré dans la littérature sur la production de santé physique (Cropper, 1981; Galama & Kapteyn, 2011; Wagstaff, 1986a). Le présent modèle se distingue également de la littérature existante par sa spécification du paramètre δ_0 .

Sous l'hypothèse de causalité positive entre le niveau d'éducation et les capacités cognitives (Brayne & Calloway, 1990 ; Evans et al., 1993 ; Launer, Dinkgreve, Jonker, Hooijer, & Lindeboom, 1993 ; R. S. Wilson et al., 2009), le modèle de Grossman est ainsi une forme réduite des équations (13)-(14). Assumant g_{1t} et m_t composés principalement d'un temps d'attente et de déplacement (Acton, 1975, 1976 ; Propper, 1995), la fonction de désutilité D_t évolue linéairement (Desaulniers & Villeneuve, 2000 ; Hassin & Haviv, 1995 ; Mandelbaun & Shimkin, 2000 ; Moulin, 2007 ; Van Ackere, 1993) selon la forme

$$D[g_{1t}, \dots, g_{5t}, m_t] = \psi_{1t}g_{1t} + \psi_{2t}m_t + f_2[g_{2t}, \dots, g_{5t}], \quad (15)$$

où $f_2[\cdot]$ est une fonction indéterminée, et où les modificateurs de la perception du coût non-monnaire évoluent selon la fonction

$$\psi_{jt} = \psi_{j0} \exp(\beta_{\psi_j} X_{\psi_t} + u_{\psi_{jt}}), \quad j = 1, 2, \quad (16)$$

où le coût initial ψ_{j0} est minimisé par les différents modes de raisonnement et traits de personnalité maximisant les stratégies de compensation (Freund & Baltes, 2002), le terme d'erreur $u_{\psi_{jt}} \sim N(0, \sigma_{\psi_j}^2)$, et où X_{ψ_t} définit le fardeau de morbidité et les incapacités limitant le fonctionnement de l'individu (Dalle Carbonare et al., 2009 ; Iezzoni, 2002 ; Payette et al., 2011 ; Raji et al., 2002 ; Seeman et al., 1994 ; Wang et al., 2002). Enfin, une fonction d'utilité CRRA est spécifiée :

$$U[H_t, C_{1t}, \dots, C_{5t}] = \frac{\varphi_t \left((C_{1t}^{\alpha_2} (H_t/h^{\alpha_3})^{1-\alpha_2})^{1-\alpha_4} - 1 \right)}{1 - \alpha_4} + f_3[C_{2t}, \dots, C_{5t}], \quad (17)$$

où $f_3[\cdot]$ est une fonction indéterminée, $\alpha_2 \in (0, 1)$ définit la hiérarchie subjective des besoins/désirs, et $\alpha_3 \in [0, 1)$ indexe la préférence accordée à un niveau de

santé physique antérieure h relativement à la période t .¹⁸ Ainsi, pour $\alpha_3 \neq 0$, l'individu âgé se projette dans le futur selon un point de référence fixe et connu, inscrivant la présente fonction d'utilité CRRA dans l'élaboration d'un modèle multiplicatif myope de formation des habitudes internes (Abel, 1990; Fuhrer, 2000; Galí, 1994; Muellbauer, 1998). Le paramètre $\alpha_4 > 1$ assure une solution intérieure au problème de maximisation (Alonso-Carrera, Caballé, & Raurich, 2005; Hiraguchi, 2008), et représente une condition suffisante à l'augmentation de l'investissement brut I dans le temps.¹⁹ Le modificateur de perception φ_t intègre pour sa part l'effet complémentaire de l'intensité physique de C_{2t} , évoluant selon la fonction²⁰

$$\varphi_t = \varphi_0 \exp(\beta_{\varphi 1} C_{2t} + \beta_{\varphi 2} X_{\varphi t} + u_{\varphi t}), \quad (18)$$

où $X_{\varphi t}$ définit l'humeur de l'individu (Dalle Carbonare et al., 2009; Papousek & Schulter, 2008; Payette et al., 2011; Penninx et al., 1998; Raji et al., 2002; Yardley & Rice, 1991), le terme d'erreur $u_{\varphi t} \sim N(0, \sigma_{\varphi}^2)$, et où φ_0 intègre les prédispositions génétiques (De Neve, Christakis, Fowler, & Frey, 2012; Lykken & Tellegen, 1996), traits de personnalité (Bolger & Schilling, 1991; DeNeve & Cooper, 1998; McCrae & Costa, 1991; Ryff, 2008; Steel, Schmidt, & Shultz, 2008; Weber et al., 2014), et valeurs culturelles/familiales (Chiasson, Dubé, & Blondin, 1996; Ratzlaff, Matsumoto, Kouznetsova, Raroque, & Ray, 2000; E. M. Suh, 2000) affectant la perception de bien-être psychologique. Assumant les termes d'erreur indépendants entre eux, les fonctions (7) à (18) permettent la dérivation de l'équation générale de la demande de santé physique pour l'individu i suivante

18. Introduite dans le modèle de capital humain par Galama et Kapteyn (2009, 2011), la forme CRRA élimine l'hypothèse de séparabilité entre H_t et C_t . La spécification CRRA de Galama et Kapteyn (2009, 2011) est un cas spécial de la fonction d'utilité (17), où $\varphi_t = 1$; et $\alpha_3 = 0$.

19. Le paramètre $\alpha_4 > 1$ implique une élasticité de substitution intertemporelle de la santé physique inférieure à l'unité (voir appendice C), une condition suffisante à l'obtention d'une corrélation positive entre l'investissement brut I et l'avancée en âge (Grossman, 1972a). Pour le présent modèle : $\alpha_4 > 1 \Rightarrow \partial^2 U_t / (\partial C_{1t} \partial H_t) < 0$.

20. Une utilisation accrue du capital de santé physique augmente ainsi sa valeur perçue.

(voir appendice D) :

$$\begin{aligned} \ln H_t = & \beta_0 + \rho \ln h + \beta_1 t + \beta_2 C_{2t} + \beta_3 G_{3t} + \beta_4 G_{4t} + \beta_5 X_{\delta t} + \beta_6 X_{\varphi t} \\ & + \beta_7 X_{\psi t} + \beta_8 \tilde{H}_t + \beta_9 \ln q_t + \beta_{10} \ln p_{1t} + v + u_t, \end{aligned} \quad (19)$$

avec

$$\begin{aligned} \beta_0 = & \frac{1}{\alpha_4} \left(\chi \ln \left(\alpha_2 (1 - \beta_{C1})^{(1 - \beta_{C1})} \beta_{C1}^{\beta_{C1}} \right) \right. \\ & \left. - (\chi - 1) \ln \left((1 - \alpha_2) (1 - \beta_I)^{1 - \beta_I} \beta_I^{\beta_I} \iota \right) \right), \\ v = & \frac{1}{\alpha_4} \left(\iota \omega (1 - \beta_I) \ln \lambda_{A0} + \chi (\ln \zeta_{10} - \beta_{C1} \ln \psi_{10}) + \ln \varphi_0 \right. \\ & \left. + (\chi - 1) \left(\ln \delta_0 - \iota \ln \xi_0 + \left(1 - \iota (1 - \beta_I) \right) \ln \psi_{20} \right) \right), \end{aligned}$$

où $\chi = \alpha_2(1 - \alpha_4)$; $\tau = (1 - \beta_{C1})/\iota(1 - \beta_I)$; et $\omega = \chi(1 - \tau) - 1$. Le paramètre d'hétérogénéité individuelle v est assumé fixe dans le temps (proposition 3), et le terme d'erreur $u_t \sim N(0, \sigma_u^2)$ avec $\sigma_u^2 = \sigma_\delta^2 + \sigma_{\psi_1}^2 + \sigma_{\psi_2}^2 + \sigma_\varphi^2$. Le Tableau 1 suivant résume les relations théoriques directes entre la demande de santé physique et ses déterminants biopsychosociaux. Le modèle proposé anticipe un effet positif du niveau de santé physique antérieur sur la demande contemporaine ($\rho > 0$), un capital humain diminuant toutefois avec l'avancée en âge ($\beta_1 < 0$). Les capacités cognitives contribuent à l'atteinte d'un niveau maximal de santé physique ($\beta_8 > 0$), de même que l'adoption de saines habitudes de vie ($\beta_2, \beta_3 > 0; \beta_4 < 0$). Les caractéristiques individuelles et le parcours de vie influencent également la demande de santé physique contemporaine, où une faible perception initiale du bien-être psychologique (φ_0) et un fort taux de dépréciation biologique initial (δ_0) diminuent le niveau d'équilibre optimal. La fonction (19), réduite en C_{1t} , intègre enfin l'effet d'une accessibilité accrue des produits et services substitués, où une augmentation des prix affecte positivement la demande de la santé physique ($\beta_{10} > 0$), et où l'efficacité de l'individu à produire les substitués (ζ_{10}) et à mi-

Tableau 1. Relations théoriques directes entre la demande de santé physique et ses déterminants à la période t

Variable	Paramètre	Signe
$\ln h$	$\rho = \alpha_4^{-1} \alpha_3 (\alpha_2 - 1) (1 - \alpha_4)$	+
Âge t	$\beta_1 = \alpha_4^{-1} \iota \omega (1 - \beta_I) \ln \left(\frac{1 + \alpha_1}{1 + r} \right) + \alpha_4^{-1} (\beta_{\delta 1} + \beta_{\kappa}) (\chi - 1)$	-
Marchandises C_{2t}	$\beta_2 = \alpha_4^{-1} (\beta_{\delta 2} (1 - \chi) + \beta_{\varphi 1})$	+
Produits/services G_{3t}	$\beta_3 = \alpha_4^{-1} \beta_{\delta 3} (1 - \chi)$	+
Produits/services G_{4t}	$\beta_4 = \alpha_4^{-1} \beta_{\delta 4} (\chi - 1)$	-
Variables $X_{\delta t}$	$\beta_5 = \alpha_4^{-1} \beta_{\delta 5} (\chi - 1)$	+/-
Variables $X_{\varphi t}$	$\beta_6 = \alpha_4^{-1} \beta_{\varphi 2}$	+/-
Variables $X_{\psi t}$	$\beta_7 = \alpha_4^{-1} \left((1 - \iota (1 - \beta_I)) \beta_{\psi 2} (\chi - 1) - \beta_{\psi 1} \beta_{C1} \chi \right)$	+/-
Cognitif \tilde{H}_t	$\beta_8 = \alpha_4^{-1} (\iota \beta_{\xi} (1 - \chi) + \beta_{\zeta 1} \chi)$	+
Prix $\ln q_t$	$\beta_9 = \alpha_4^{-1} \iota (1 - \beta_I) (\chi - 1)$	-
Prix $\ln p_{1t}$	$\beta_{10} = \chi \alpha_4^{-1} (\beta_{C1} - 1)$	+
$\ln \lambda_{A0}$	$\alpha_4^{-1} \iota \omega (1 - \beta_I)$	-
$\ln \zeta_{10}$	$\chi \alpha_4^{-1}$	-
$\ln \psi_{10}$	$-\chi \alpha_4^{-1} \beta_{C1}$	+
$\ln \varphi_0$	α_4^{-1}	+
$\ln \delta_0$	$\alpha_4^{-1} (\chi - 1)$	-
$\ln \xi_0$	$\alpha_4^{-1} \iota (1 - \chi)$	+
$\ln \psi_{20}$	$\alpha_4^{-1} (1 - \iota (1 - \beta_I)) (\chi - 1)$	-

Note. Relations valides sous certaines conditions pour les variables t , \tilde{H}_t , et $\ln \lambda_{A0}$. Voir appendice D.

nimiser les coûts non-monétaires de ces derniers (ψ_{10}) réduisent l'effet bénéfique des stratégies d'optimisation/compensation (ξ_0 ; ψ_{20}).

Glossaire et index des expressions mathématiques

$T + 1$	Moment du décès ; 31
$t = 0$	Moment de la retraite ; 31
α_1	Préférence temporelle subjective ; 30-31, 33
α_2	Préférences individuelles ; 36
α_3	Préférence accordée à un niveau de santé antérieur ; 36-37
α_4	Paramètre de courbure ; 36-37
r	Taux d'intérêt ; 32-33
δ_t	Taux de dépréciation biologique de H_t ; 31, 35
$X_{\delta t}$	Variables environnementales ; 35
$\delta_0, \beta_{\delta 1}, \dots, \beta_{\delta 5}$	Paramètres de δ_t ; 35
U_t	Utilité ; 30-31, 36
φ_t	Modificateur de la perception du bien-être psychologique ; 37
$X_{\varphi t}$	Variables d'humeur ; 37
$\varphi_0, \beta_{\varphi 1}, \beta_{\varphi 2}$	Paramètres de φ_t ; 37
D_t	Désutilité ; 30-31, 36
H_t	Capital de santé physique ; 30-31
h	Capital de santé physique antérieur ; 36-37,
π_{Ht}	Coût marginal de H_t ; 33
H_{min}	Seuil minimal de H_t ; 31
H_{init}	Capital initial de santé physique ; 31
I_t	Investissement brut en santé physique ; 31
ι	Rendements d'échelle ; 31
π_{It}	Coût marginal de I_t ; 33
ξ_t	Paramètre d'efficacité de I_t ; 31, 35
\tilde{H}_t	Capital de santé cognitive ; 32, 35
\tilde{H}_{init}	Capital de santé cognitive initial ; 32
\tilde{H}_{fin}	Capital de santé cognitive à la période $T + 1$; 32
ξ_0, β_{ξ}	Paramètres de ξ ; 35
M_t	Produits et services intrants de I_t ; 31-32
m_t	Temps investi dans la production de H_t ; 30-31, 36
q_t	Prix de M_t ; 32
$1 - \beta_I$	Élasticité de M_t ; 31
β_I	Élasticité de m_t ; 31
ψ_{2t}	Modificateur de la perception du coût associé à m_t ; 36
$X_{\psi t}$	Variables définissant le niveau d'autonomie fonctionnelle et le fardeau de morbidité ; 36
$\psi_{20}, \beta_{\psi 2}$	Paramètres de ψ_{2t} ; 36
C_t	Panier composite ; 30, 32
C_{1t}	Marchandises substitués de H_t ; 32
C_{2t}	Marchandises complémentaires de H_t ; 32

C_{3t}	Marchandises bénéfiques à H_t ; 32
C_{4t}	Marchandises dommageables à H_t ; 32
C_{5t}	Marchandises autres ; 32
π_{C1t}	Coût marginal de C_{1t} ; 33
$G_{\ell t}$	Produits et services intrants de $C_{\ell t}$; 32-33
$p_{\ell t}$	Prix de $G_{\ell t}$; 32
$g_{\ell t}$	Temps investi dans la production de $C_{\ell t}$; 30-33, 36
ψ_{1t}	Modificateur de la perception du coût associé à g_{1t} ; 36
$\psi_{10}, \beta_{\psi 1}$	Paramètres de ψ_{1t} ; 36
$\zeta_{\ell t}$	Paramètre d'efficience de $C_{\ell t}$; 32-33, 35
$\zeta_{\ell 0}, \beta_{\zeta \ell}$	Paramètres de $\zeta_{\ell t}$; 35
$\beta_{C\ell}$	Élasticité de $g_{\ell t}$; 32-33
$1 - \beta_{C\ell}$	Élasticité de $G_{\ell t}$; 32
A_t	Capital financier ; 32
A_{init}	Capital financier initial ; 32
A_{fin}	Capital financier à la période $T + 1$; 32
Y_t	Revenu de retraite ; 32
λ_{A0}	Prix fictif de la richesse initiale ; 33
ω	$\chi(1 - \tau) - 1$; 38
τ	$(1 - \beta_{C1})/\iota(1 - \beta_I)$; 38
χ	$\alpha_2(1 - \alpha_4)$; 38

Méthode

Ce chapitre expose le cadre opératoire de l'analyse quantitative. La base de données secondaires est initialement présentée, où les stratégies de recrutement, la représentativité de l'échantillon et l'attrition des participants sont discutés. Les variables retenues sont ensuite détaillées, où les instruments de mesure utilisés et la fiabilité de ces derniers sont explicités.

Participants

Financée par les Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC MOP-62842) ainsi que le Réseau québécois de recherche sur le vieillissement/Fonds de la recherche en santé du Québec, l'Étude longitudinale québécoise sur la nutrition comme déterminant d'un vieillissement réussi (NuAge) propose le suivi pluriméthodologique de 1793 participants, âgés de 67 à 84 ans au moment du recrutement, en bonne santé générale et vivant à domicile dans les régions de Montréal, Laval et de l'Estrie, dans la province de Québec au Canada. Quatre vagues annuelles successives d'entretiens en face-à-face composent cette étude observationnelle (2004-2007), interviews dirigés selon une procédure standardisée (Gaudreau et al., 2007) et collectant pour chacun des participants des données de nature sociologique (sociodémographique, économique, participation sociale), nutritionnelle (apport diététique, comportement alimentaire), médicale (santé cognitive, mentale et physique), fonctionnelle (force musculaire, performance physique, activité physique, autonomie) et anthropométrique.²¹ Sélectionnés à partir d'un échantillon aléatoire stratifié par l'âge et le sexe des données de la Régie de l'assu-

21. Entretiens prenant place au Centre de recherche sur le vieillissement du Centre de santé et de services sociaux de l'Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke, au Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de l'Université de Montréal, ou à domicile lorsque nécessaire.

rance maladie du Québec (Figure 3), les individus parlant français ou anglais, sans incapacités dans les activités de la vie quotidienne, sans déficience cognitive,²² pouvant parcourir 300 mètres de façon autonome (cane acceptée) ou monter 10 marches d’escalier sans repos, prêt à s’engager sur une période de 5 années, et apte à fournir un consentement écrit furent recrutés pour cette étude. Reflétant un compromis entre les considérations méthodologiques et les problématiques de recrutement, les répondants ayant souffert d’une crise cardiaque de Classe 2 et plus, d’une broncho-pneumopathie chronique obstructive nécessitant des stéroïdes oraux ou une oxygénothérapie à domicile, d’une maladie inflammatoire chronique intestinale, ou d’un cancer traité par radiothérapie, chimiothérapie ou chirurgie au cours des 5 années précédant le recrutement, furent pour leurs parts exclus (Gaudreau et al., 2007; Payette et al., 2011). Près de la moitié des individus contactés par téléphone ont refusé de participer à l’étude NuAge (70 ± 2 ans : $n = 1188$; 75 ± 2 ans : $n = 1325$; 80 ± 2 ans : $n = 2056$), essentiellement en raison d’un manque d’intérêt ($n = 2970$), de difficultés de déplacement ($n = 183$) ou de craintes face à l’étude ($n = 137$). L’échantillon de départ se compose ainsi de 853 hommes et de [940 femmes], essentiellement d’origine ethnique caucasienne (98% des participants), vivant seuls dans 19% [46%] des cas, d’un âge moyen de 74 [75] ans (écart type = 4,14 [4,25]), d’une scolarité moyenne de 12 [11] années (ét = 5,07 [3,92]; Min = 0 [2]; Max = 33 [29]) et avec un revenu familial médian de 39 300\$ [29 700\$].²³ Le protocole de recherche de l’étude NuAge a été approuvé par les comités d’éthique des Instituts universitaires de gériatrie de Sherbrooke et de Montréal. Tous les participants à l’étude NuAge ont signé un formulaire de consentement autorisant l’utilisation des données recueillies à des

22. Score supérieur à 79 au test du *Modified Mini-Mental State* (Teng & Chui, 1987).

23. Moins de 2% des participants ($n = 31$, âge moyen = 72,96 ans) à l’entrée de l’échantillon ont déclaré un salaire de travail comme source principale de revenu. De ce nombre, 28 individus ont déclaré que leurs revenus permettaient de satisfaire les besoins (très bien [21], convenablement [7]). Tous ont également déclaré un revenu de retraite. Suivant la littérature existante, l’hypothèse de consommation pure ($\partial Y_t / \partial H_t = 0$) est appliquée à ces individus.

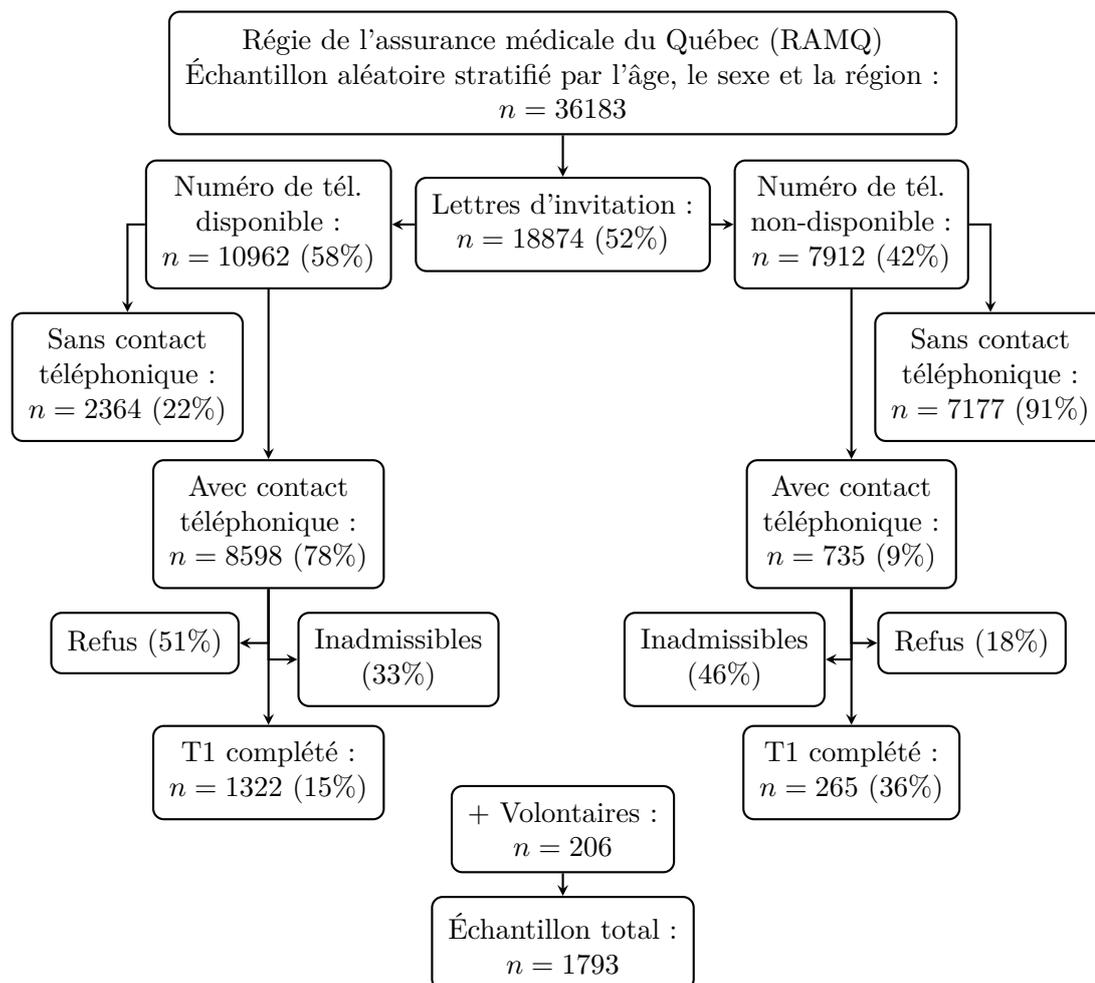


Figure 3. Recrutement des participants à l'étude NuAge.

fins de recherche et ce, après avoir été informés des procédures de l'étude et du droit de se retirer à tout moment. Un proche parent a été désigné dans le cas où un participant serait inapte à donner un consentement éclairé au cours de l'étude.

Le Tableau 2 suivant détaille la distribution des variables sélectionnées, pour les hommes et les [femmes] à l'entrée de l'étude NuAge. Cette première vague d'observations est caractérisée par un fonctionnement cognitif élevé (score 3MS moyen : 93,14 [94,36]), de même qu'un haut degré d'autonomie fonctionnelle (score SMAF moyen : 4,51 [3,61]) et une faible prévalence de dépression (score GDS moyen : 4,44 [5,49]). Les hommes se distinguent par une force isométrique

Tableau 2. Description et distribution des variables sélectionnées de l'étude
NuAge : Vague 1

Variable	Description	Hommes			Femmes		
		Moyenne	Min	Max	Moyenne	Min	Max
Age	Âge chronologique de l'individu	74,29 (4,14)	68	83	74,54 (4,25)	67	84
Alcool	Consommation quotidienne d'alcool (grammes)	9 (14,14)	0	109,60	3,42 (6,59)	0	73,23
Diet	Qualité globale de la diète (0-100)	70,45 (11,82)	21,15	95,48	74,52 (10,77)	20,62	98,54
Fum	Nombre de cigarettes par jour	0,80 (3,83)	0	40	0,58 (3,35)	0	35
GDS	Dépression, Score GDS (0-30)	4,44 (3,83)	0	21	5,49 (4,42)	0	25
MMMS	Cognitif, Score 3MS (0-100)	93,14 (4,54)	77	100	94,36 (4,22)	78	100
PASE	Activité physique, Score PASE (0-793)	112,40 (56,15)	0	330	89,75 (44,64)	0	364,21
SMAF	Autonomie fonctionnelle, Score SMAF (0-87)	4,51 (3,86)	0	19,50	3,61 (3,13)	0	21
Biceps	Force isométrique, Biceps (newtons)	57,79 (12,87)	18	108	31,13 (7,47)	6	60
Chaise	Performance physique, Levers de chaise (sec.)	10,53 (3,30)	4,56	33,32	11,76 (4,17)	4,40	40,97
MarN	Performance physique, Marche normale (sec.)	4,10 (0,86)	2,25	13,50	4,37 (0,95)	2,62	13,87
MarR	Performance physique, Marche rapide (sec.)	2,98 (0,62)	1,78	10,84	3,32 (0,77)	2,12	13,25
Preh	Force musculaire, Préhension (KPa)	73,44 (17,54)	16	160	60,14 (15,66)	14	125
Quad	Force isométrique, Quadriceps (newtons)	73,96 (20,92)	11	142	44,87 (13,52)	9	105
TUG	Performance physique, Timed Up & Go (sec.)	10,34 (2,20)	5	29,50	10,90 (2,56)	6,10	34,96

Note. Données non-pondérées. Les écart-types apparaissent entre parenthèses.

et musculaire moyenne supérieure à celle des femmes, une différence toutefois négligeable au niveau des variables de levers de chaise, de vitesse de marche normale/rapide et du test TUG. Le Tableau 3 suivant détaille pour sa part la stratification des données NuAge selon le lieu de résidence, le sexe et l'âge des participants de la vague initiale. Le calcul des poids échantillonnaires en probabilité met en évidence la sur-représentation des régions de l'Estrie et de Laval, de même que la sur-représentation des hommes âgés de 73 ans et plus. Enfin, les Tableaux 4 et 5 détaillent le phénomène d'attrition qui accompagne l'étude NuAge et les échantillons retenus. Le Tableau 4 présente le taux de survivance pour chacune des variables sélectionnées, où un taux compris entre 70,5% et 78,81% est observé à la vague finale. Les conditions nécessaires à la présente analyse (suivi minimal de trois vagues de données, attrition absorbante) diminuent de façon importante le nombre d'observations disponibles (Tableau 5), où un taux de survivance de 54,36% à 59,15% et légèrement supérieur chez les hommes (à l'exception de la variable *Preh*) est observé à la vague 4.

Tableau 3. Stratification et poids échantillonnaires de l'étude NuAge

a) Montréal ($n = 512$)

	67-72 ans			73-77 ans			78-84 ans		
	Cohorte	Pop. totale	Poids échant.	Cohorte	Pop. totale	Poids échant.	Cohorte	Pop. totale	Poids échant.
Hommes	66	29455	446,29	82	17560	214,15	71	13870	195,35
Femmes	88	41470	471,25	56	29910	534,11	149	28575	191,78

b) Estrie ($n = 943$)

	67-72 ans			73-77 ans			78-84 ans		
	Cohorte	Pop. totale	Poids échant.	Cohorte	Pop. totale	Poids échant.	Cohorte	Pop. totale	Poids échant.
Hommes	209	4730	22,63	139	2845	20,47	115	2285	19,87
Femmes	188	5950	31,65	173	4255	24,60	119	3985	33,49

c) Laval ($n = 338$)

	67-72 ans			73-77 ans			78-84 ans		
	Cohorte	Pop. totale	Poids échant.	Cohorte	Pop. totale	Poids échant.	Cohorte	Pop. totale	Poids échant.
Hommes	54	6856	126,96	68	3276	48,18	49	2069	42,22
Femmes	61	7934	130,07	76	4553	59,91	30	3959	131,97

d) Stratification par sexe et groupes d'âges

	67-72 ans			73-77 ans			78-84 ans		
	Cohorte	Pop. totale	Poids échant.	Cohorte	Pop. totale	Poids échant.	Cohorte	Pop. totale	Poids échant.
Hommes	329	41041	124,74	289	23681	81,94	235	18824	80,10
Femmes	337	55354	164,26	305	38718	126,94	298	36519	122,55

Note. Le poids échantillonnal est le ratio de la population totale sur le nombre de participants à la vague 1. La population totale est estimée à partir du recensement 2006 de Statistique Canada.

Tableau 4. Taux de survivance et d'attrition par vague : Étude longitudinale NuAge

	Vague 1			Vague 2			Vague 3			Vague 4		
	Obs.	Surv.	Attri.									
NuAge	1793											
Alcool	1762	98,27%	1,73%	1572	87,67%	10,78%	1505	83,94%	4,26%	1387	77,36%	7,84%
Diet	1777	99,11%	0,89%	1591	88,73%	10,47%	1519	84,72%	4,53%	1410	78,64%	7,18%
Fum	1790	99,83%	0,17%	1560	87,01%	12,85%	1490	83,10%	4,49%	1332	74,29%	10,60%
GDS	1778	99,16%	0,84%	1549	86,39%	12,88%	1492	83,21%	3,68%	1318	73,51%	11,66%
MMMS	1786	99,61%	0,39%	1557	86,84%	12,82%	1520	84,77%	2,38%	1413	78,81%	7,04%
PASE	1780	99,27%	0,73%	1550	86,45%	12,92%	1460	81,43%	5,81%	1264	70,50%	13,42%
SMAF	1785	99,55%	0,45%	1568	87,45%	12,16%	1519	84,72%	3,13%	1391	77,58%	8,43%
Biceps	1776	99,05%	0,95%	1524	85,00%	14,19%	1443	80,48%	5,31%	1332	74,29%	7,69%
Chaise	1738	96,93%	3,07%	1479	82,49%	14,90%	1429	79,70%	3,38%	1323	73,79%	7,42%
MarN	1777	99,11%	0,89%	1533	85,50%	13,73%	1472	82,10%	3,98%	1359	75,79%	7,68%
MarR	1774	98,94%	1,06%	1532	85,44%	13,64%	1471	82,04%	3,98%	1359	75,79%	7,61%
Preh	1779	99,22%	0,78%	1546	86,22%	13,10%	1505	83,94%	2,65%	1391	77,58%	7,57%
Quad	1767	98,55%	1,45%	1556	86,78%	11,94%	1423	79,36%	8,55%	1310	73,06%	7,94%
TUG	1777	99,11%	0,89%	1528	85,22%	14,01%	1470	81,99%	3,80%	1354	75,52%	7,89%

Note. Le taux de survivance (Surv) est le ratio du nombre de participants (Obs) de la vague t sur le nombre de participants à l'étude NuAge (1793). Le taux d'attrition (Attri) est le ratio des abandons à la vague t sur le nombre de participants à la vague $t - 1$.

Tableau 5. Taux de survivance et d'attrition par vague : Échantillons retenus

a) Échantillons complets												
	Vague 1			Vague 2			Vague 3			Vague 4		
	Obs.	Surv.	Attri.									
NuAge	1793											
Biceps	1263	70,44%	29,56%	1263	70,44%	0,00%	1263	70,44%	0,00%	1021	56,94%	19,16%
Chaise	1227	68,43%	31,57%	1227	68,43%	0,00%	1227	68,43%	0,00%	990	55,21%	19,32%
MarN	1280	71,39%	28,61%	1280	71,39%	0,00%	1280	71,39%	0,00%	1043	58,17%	18,52%
MarR	1276	71,17%	28,83%	1276	71,17%	0,00%	1276	71,17%	0,00%	1041	58,06%	18,42%
Preh	1299	72,45%	27,55%	1299	72,45%	0,00%	1299	72,45%	0,00%	1055	58,84%	18,78%
Quad	1260	70,27%	29,73%	1260	70,27%	0,00%	1260	70,27%	0,00%	999	55,72%	20,71%
TUG	1276	71,17%	28,83%	1276	71,17%	0,00%	1276	71,17%	0,00%	1039	57,95%	18,57%

b) Hommes							c) Femmes					
	Vague 1			Vague 4			Vague 1			Vague 4		
	Obs.	Surv.	Attri.	Obs.	Surv.	Attri.	Obs.	Surv.	Attri.	Obs.	Surv.	Attri.
NuAge	853						940					
Biceps	604	70,81%	29,19%	490	57,44%	18,87%	659	70,11%	29,89%	531	56,49%	19,42%
Chaise	592	69,40%	30,60%	479	56,15%	19,09%	635	67,55%	32,45%	511	54,36%	19,53%
MarN	612	71,75%	28,25%	498	58,38%	18,63%	668	71,06%	28,94%	545	57,98%	18,41%
MarR	609	71,40%	28,60%	497	58,26%	18,39%	667	70,96%	29,04%	544	57,87%	18,44%
Preh	618	72,45%	27,55%	499	58,50%	19,26%	681	72,45%	27,55%	556	59,15%	18,36%
Quad	604	70,81%	29,19%	484	56,74%	19,87%	656	69,79%	30,21%	515	54,79%	21,49%
TUG	609	71,40%	28,60%	495	58,03%	18,72%	667	70,96%	29,04%	544	57,87%	18,44%

Note. Les échantillons retenus offrent un suivi minimal de trois vagues sur la variable dépendante sélectionnée et sur l'ensemble des variables explicatives, où le départ d'un participant est assumé définitif (attrition absorbante).

Instruments de mesure

Variables dépendantes²⁴

Force de préhension.—Recommandé pour les populations souffrant de pathologies ostéo-articulaires de la main (Desrosiers, Hébert, Bravo, & Dutil, 1995; Helewa, Goldsmith, & Smythe, 1981), un vigorimètre Martin (Martin Medizin-technik, Tuttlingen, Allemagne) est utilisé afin de construire cette variable de force musculaire. La préhension palmaire est mesurée à six reprises (kPa), suivant une procédure standardisée (Fess, 1992; Fess & Moran, 1981; Mathiowetz, Weber, Volland, & Kashman, 1984) et alternant main dominante/non-dominante selon l'intervalle de repos recommandé. Le meilleur résultat est conservé (Desrosiers, Bravo, Hébert, & Dutil, 1995). Ce test a montré un coefficient de fidélité test-retest variant entre 0,91 et 0,98 chez une population âgée fragile (E. Jones et al., 1991; Payette, Hanusaik, Boutier, Morais, & Gray-Donald, 1998).

Force isométrique.—La force volontaire maximale isométrique est mesurée bilatéralement au niveau du quadriceps et du biceps. Les données sont recueillies à l'aide d'un dynamomètre portatif Microfet2TM (Hoggan Health Industries, Draper Utah), utilisant une ceinture de résistance et suivant un protocole standardisé (Bohannon, 1986; Desrosiers et al., 1998; Reed et al., 1993). Trois contractions musculaires successives sont exécutées de chaque côtés, d'une durée de quatre secondes et à intervalles de 30 secondes. La valeur maximale (newtons) est conservée pour chacun des deux groupes de muscle. Ces indicateurs ont montré des coefficients de fidélité test-retest variant entre 0,76 et 0,86 chez les femmes âgées fragiles vivant dans la communauté (Payette et al., 1998).

24. Bien que disponible dans l'étude NuAge, le test d'équilibre debout sur un pied a été écarté de l'analyse quantitative pour cause de censure au-dessus de 60 secondes.

Levers de chaise.—Il est demandé aux participants d'effectuer cinq transferts assis/debout consécutifs, bras croisés sur la poitrine et le plus rapidement possible. Exécuté à partir d'une chaise de dimensions standards, l'exercice chronométré débute à la position initiale assise et se termine à la fin de la cinquième levée (Guralnik et al., 1994). Ce test a montré des coefficients de fidélité test-retest de 0,67 chez la population âgée fragile (Jette, Jette, Ng, Plotkin, & Bach, 1999) et de 0,73 chez les aînés présentant un haut niveau de fonctionnement (Seeman et al., 1994).

Timed Up and Go (TUG).—Proposé par Podsiadlo et Richardson (1991), ce test de mobilité fonctionnelle est une version chronométrée du test *Get-Up and Go* de Mathias, Nayak, et Isaacs (1986). L'individu est initialement assis sur une chaise de dimensions standards, le dos appuyé contre le dossier et les membres supérieurs reposant sur les appuis bras. Au signal, le participant se lève, parcourt une distance de 3 mètres (à une vitesse de marche confortable et sécuritaire), tourne sur lui-même et revient s'asseoir. Le chronomètre débute dès la commande de départ, et prend fin lorsque le participant est de retour à sa position initiale. L'exercice est effectué sans assistance humaine, avec les chaussures et les aides à la marche habituelles. Ce test a montré des coefficients de fidélité test-retest et inter-juges variant entre 0,90 et 0,99 chez une population âgée fragile vivant à domicile (Payette et al., 1998 ; Podsiadlo & Richardson, 1991), un coefficient de corrélation inter-juges de 0,95 chez les aînés à risque d'accident vasculaire cérébral (AVC) chronique (Ng & Hui-Chan, 2005), de même qu'une sensibilité et une spécificité de 87% pour la détection des individus âgés à risque de chute (Shumway-Cook, Brauer, & Woollacott, 2000).

Vitesse de marche normale et rapide.—Le test de vitesse de marche normale consiste à mesurer le temps requis afin de parcourir les trois derniers mètres d'un parcours totalisant quatre mètres. Il est demandé aux participants d'effectuer le trajet à deux reprises, à une vitesse confortable et avec les aides auxiliaires à la marche habituelles (sans assistance humaine). Le meilleur temps est conservé (Guralnik et al., 1994). Ce test a montré un coefficient de fidélité test-retest de 0,79 pour une population âgée fragile (Jette et al., 1999), de même qu'un coefficient de corrélation inter-juges de 0,93 chez les aînés vivant dans la collectivité et à risque de chute (Nevitt, Cummings, Kidd, & Black, 1989). Le parcours en marche rapide est pour sa part exécuté une seule fois, le plus rapidement possible et avec les aides auxiliaires à la marche habituelles (sans assistance humaine). Cette dernière mesure a montré un coefficient de fidélité test-retest de 0,80 chez les individus âgés présentant un haut niveau fonctionnel (Seeman et al., 1994).

Variables explicatives

Activité physique.—Le questionnaire PASE (*Physical Activity Scale for the Elderly*) (Washburn, Smith, Jette, & Janney, 1993) est un instrument de mesure quantifiant l'intensité physique associée aux activités récréatives, domestiques et professionnelles de l'individu âgé. Évaluées sur une période de 7 jours précédant l'entretien, les activités quotidiennes sont cotées selon la fréquence déclarée (jamais [0]; rarement, 1-2 jours [1]; parfois, 3-4 jours [2]; souvent, 5-7 jours [3]) et la durée moyenne déclarée (moins d'une heure [1]; 1 heure et plus, moins de 2 heures [2]; 2 à 4 heures [3]; plus de 4 heures [4]), pondérées afin de refléter la contribution réelle et additionnées en un pointage global de performance. L'instrument PASE a montré un coefficient de fidélité test-retest de 0,75 (Washburn et al., 1993), où une augmentation du score (pour un maximum de 793) représente une élévation de l'activité physique. Selon le paramètre théorique β_2 du Tableau 1, une relation positive entre le score PASE et la santé physique objec-

tive est anticipée. Plus précisément, il est attendu un effet causal positif sur la force isométrique/musculaire (tests de préhension, biceps, quadriceps) et un effet causal négatif sur le temps d'exécution des tests de mobilité fonctionnelle (levers de chaise, TUG, vitesse de marche).

Autonomie fonctionnelle.—Développé à partir de la Classification internationale des déficiences, incapacités et handicaps de l'Organisation mondiale de la santé (World Health Organization, 1980), le Système de mesure de l'autonomie fonctionnelle (SMAF) est un instrument d'évaluation de l'autonomie couvrant les activités élémentaires de la vie quotidienne (AVQ), les activités instrumentales de la vie quotidienne (AIVQ), la communication, la mobilité et les fonctions mentales de l'individu âgé (Hébert, Carrier, & Bilodeau, 1988a, 1988b). Évaluées sur 29 items, les performances réelles sont cotées selon une échelle standardisée à 5 niveaux (autonome [0] ; avec difficulté [0,5] ; requiert une surveillance ou une stimulation [1] ; nécessite de l'aide [2] ; dépendant [3] ; ressources humaines pour combler l'incapacité [0]), pour un score maximal de 87 (Desrosiers, Bravo, Hébert, & Dubuc, 1995). Une augmentation du résultat représente une diminution de l'autonomie fonctionnelle, où le déclin est significativement établi par un changement de 5 points et plus (Hébert, Brayne, & Spiegelhalter, 1997, 1999 ; Hébert, Spiegelhalter, & Brayne, 1997). Le score total SMAF a montré des coefficients de fidélité test-retest et inter-juges de 0,95 et 0,96, respectivement (Desrosiers, Bravo, Hébert, & Dubuc, 1995). Selon le paramètre théorique β_7 du Tableau 1, une relation négative entre le score SMAF et la santé physique objective est anticipée. Plus précisément, il est attendu un effet causal négatif sur la force isométrique/musculaire (tests de préhension, biceps, quadriceps) et un effet causal positif sur le temps d'exécution des tests de mobilité fonctionnelle (levers de chaise, TUG, vitesse de marche).

Consommation d'alcool.—La consommation quotidienne d'alcool (boissons et alimentation) a été colligée en trois rappels de 24 heures non-consécutifs, dans le cadre d'entrevues diététiques standardisées (1 en face-à-face et 2 téléphoniques, incluant une journée de la fin de semaine) dirigées par des professionnels de la nutrition. La moyenne (grammes) est conservée. Selon le paramètre théorique β_4 du Tableau 1, une relation négative entre la consommation quotidienne d'alcool et la santé physique objective est anticipée. Plus précisément, il est attendu un effet causal négatif sur la force isométrique/musculaire (tests de préhension, biceps, quadriceps) et un effet causal positif sur le temps d'exécution des tests de mobilité fonctionnelle (levers de chaise, TUG, vitesse de marche).

Dépression.—Cette dimension de l'humeur est quantifiée par le *Geriatric Depression Scale* (GDS-30) de Yesavage et al. (1983). Élaboré spécifiquement pour une population âgée, ce questionnaire demeure robuste aux symptômes somatiques du vieillissement et minimise les sources d'erreur liées à la désirabilité sociale (Montorio & Izal, 1996). Cette échelle de mesure a démontré une cohérence interne (coefficient Alpha) de 0,94 chez les individus vivant à domicile, où un score ≥ 11 (pour un maximum de 30) indique un état dépressif avec une sensibilité de 84% et une spécificité de 95% (Brink et al., 1982; Yesavage et al., 1983). La version française du GDS a montré des coefficients de fidélité test-retest variant entre 0,70 et 0,83 (Bourque, Blanchard, & Vézina, 1990). Selon le paramètre théorique β_6 du Tableau 1, une relation négative entre le score GDS et la santé physique objective est anticipée. Plus précisément, il est attendu un effet causal négatif sur la force isométrique/musculaire (tests de préhension, biceps, quadriceps) et un effet causal positif sur le temps d'exécution des tests de mobilité fonctionnelle (levers de chaise, TUG, vitesse de marche).

Fonctions cognitives.—La mesure objective d'évaluation des fonctions cognitives 3MS (*Modified Mini-Mental State Examination*) (Teng & Chui, 1987) est une version modifiée du test MMSE (*Mini-Mental State Examination*) de Folstein, Folstein, et McHugh (1975). Le test standardisé 3MS offre dans son ensemble une meilleure discrimination et reproductibilité des résultats (Bravo & Hébert, 1997; Jeong & Cho, 2003; McDowell, Kristjansson, Hill, & Hébert, 1997; Molloy, Alemayehu, & Roberts, 1991), où 15 items (pour un score maximal de 100 points) couvrent les domaines de l'orientation temporo spatiale, de la mémoire à court et à long terme, des associations sémantiques, du langage, des fonctions exécutives, de l'attention, du calcul et des praxies constructives. La version originale anglaise a montré un coefficient de cohérence Alpha compris entre 0,87 et 0,91 chez les aînés vivant dans la communauté (Bassuk & Murphy, 2003; Jeong & Cho, 2003; McDowell et al., 1997; Tombaugh, McDowell, Kristjansson, & Hubble, 1996), de même qu'une corrélation intra-classe élevée (comprise entre 0,81 et 0,98) et une fidélité test-retest comprise entre 0,78 et 0,93 (Bassuk & Murphy, 2003; Bravo & Hébert, 1997; Jeong & Cho, 2003; Teng, Chui, & Gong, 1990). Le 3MS a de plus montré une sensibilité de 88% et une spécificité de 90% (score-seuil de 77-78/100) pour la détection d'un trouble neurocognitif (Bland & Newman, 2001), ainsi qu'une sensibilité de 91% et une spécificité de 78% (score-seuil de 59-60/100) dans sa version coréenne (Jeong & Cho, 2003). La traduction française affiche pour sa part un coefficient Alpha de 0,82 (McDowell et al., 1997) et une fiabilité intra-classe comprise entre 0,78 et 0,81 (Bravo & Hébert, 1997) chez les aînés vivant dans la communauté, de même que des coefficients test-retest (0,94), inter-juges (0,95) et Alpha (0,89) élevés chez les individus vivant en institution (Hébert, Bravo, & Girouard, 1992). Selon le paramètre théorique β_8 du Tableau 1, une relation positive entre le score 3MS et la santé physique objective est anticipée. Plus précisément, il est attendu un effet causal positif sur la force isométrique/musculaire (tests de préhension, biceps, quadriceps) et un effet cau-

sal négatif sur le temps d'exécution des tests de mobilité fonctionnelle (levers de chaise, TUG, vitesse de marche).

Qualité globale de la diète.—Cette variable est quantifiée à partir de l'indice canadien d'une saine alimentation (*Canadian Healthy Eating Index* C-HEI) (Shatenstein, Nadon, Godin, & Ferland, 2005), une adaptation canadienne du *USDA 1995 Healthy Eating Index* (Bowman, Lino, Gerrior, & Basiotis, 1998; Kennedy, Ohls, Carlson, & Fleming, 1995). L'apport énergétique habituel est évalué selon les recommandations quotidiennes du guide alimentaire canadien (GAC) 2007 (Health Canada, 2007), incluant le nombre de portions provenant des 4 groupes alimentaires, le critère de modération (% gras total, % gras saturé, sodium [mg], cholestérol [mg]) et la variété de la diète. La consommation quotidienne déclarée des aliments, boissons et suppléments a été colligée en trois rappels de 24 heures non-consécutifs, dans le cadre d'entrevues diététiques standardisées (1 en face-à-face et 2 téléphoniques, incluant une journée de la fin de semaine) dirigées par des professionnels de la nutrition et avec l'aide d'instruments de mesure des portions (Dubois & Boivin, 1990; Payette & Gray-Donald, 1991; Payette, Gray-Donald, Cyr, & Boutier, 1995; Shatenstein et al., 2013). La précision des rappels de 24 heures non-consécutifs multiples afin d'estimer la consommation habituelle des individus a été démontrée (Payette & Gray-Donald, 1991). Une augmentation du score C-HEI (pour un maximum de 100) indique une plus grande adhésion au GAC et une amélioration de la qualité globale de la diète. Selon le paramètre théorique β_3 du Tableau 1, une relation positive entre le score C-HEI et la santé physique objective est anticipée. Plus précisément, il est attendu un effet causal positif sur la force isométrique/musculaire (tests de préhension, biceps, quadriceps) et un effet causal négatif sur le temps d'exécution des tests de mobilité fonctionnelle (levers de chaise, TUG, vitesse de marche).

Variables sociodémographiques.—Âge et nombre déclaré de cigarettes par jour. Selon le paramètre théorique β_1 du Tableau 1, une relation négative entre l'âge et la santé physique objective est anticipée. Plus précisément, il est attendu un effet causal négatif sur la force isométrique/musculaire (tests de préhension, biceps, quadriceps) et un effet causal positif sur le temps d'exécution des tests de mobilité fonctionnelle (levers de chaise, TUG, vitesse de marche). Selon le paramètre théorique β_4 du Tableau 1, une relation négative entre le nombre de cigarettes par jour et la santé physique objective est anticipée. Plus précisément, il est attendu un effet causal négatif sur la force isométrique/musculaire (tests de préhension, biceps, quadriceps) et un effet causal positif sur le temps d'exécution des tests de mobilité fonctionnelle (levers de chaise, TUG, vitesse de marche).

Résultats

Ce chapitre présente l'analyse statistique et les principaux résultats. En premier lieu, un modèle empirique de la demande dynamique de santé physique est proposé. Les outils statistiques utilisés et la stratégie d'inférence sont détaillés en second lieu, suivis d'une section exposant les résultats.

Analyse statistique

Modèle empirique

Le suivi longitudinal de l'étude NuAge et les variables explicatives sélectionnées permettent l'écriture de l'équation (19) sous la forme empirique suivante :

$$\begin{aligned} \ln H_{it} = & \beta_0 + \rho \ln H_{i,t-1} + \beta_1 Age_{it} + \beta_2 PASE_{it} + \beta_3 Diet_{it} + \beta_{4,1} Fum_{it} \\ & + \beta_{4,2} Alcool_{it} + \beta_{4,3} Alcool_{it}^2 + \beta_6 GDS_{it} + \beta_7 SMAF_{it} \\ & + \beta_8 MMMS_{it} + v_i + u_{it}, \end{aligned} \quad (20)$$

où l'individu $i = 1, \dots, n$ et le temps $t = 2, \dots, T_i$ définissent respectivement la dimension transversale et la dimension longitudinale du modèle, $T_i \in [3, 4]$, le nombre d'observations total $N = \sum_{i=1}^n [T_i - 2]$, $u_{it} \sim \text{IID}(0, \sigma_u^2)$, $E[u_{it}u_{is}] = 0 \forall t \neq s$, et $E[u_{it}u_{jt}] = E[v_i v_j] = 0 \forall i \neq j$.²⁵ L'hétérogénéité inobservée v_i est assumée fixe pour la durée de l'étude, corrélée avec le terme autorégressif $h_i = H_{i,t-1}$ et possiblement corrélée avec d'autres régresseurs. Le prix $p_{1t} = 1 \forall t$ est pour sa part qualifié de numéraire, et $\beta_{10} = 0$.²⁶ Un effet de simultanéité et de

25. Le choix d'un échantillon non-balancé, où T diffère pour chaque individu i , maximise l'information disponible et l'efficacité de l'estimateur (Baltagi, 2005 ; Cameron & Trivedi, 2005).

26. Le prix numéraire est le prix relatif auquel sont mesurés les autres prix et le revenu. Cette manipulation ne modifie en rien l'équation budgétaire (5) et permet d'ignorer la variable p_{1t} du modèle (19). Voir Varian (2010). L'hypothèse $\beta_{10} = 0$ est justifiée par la couverture universelle du système publique de soins de santé du Canada et du régime d'assurance maladie du Québec.

réciprocité est de plus assumé, où le niveau de santé physique contemporain affecte à son tour l'autonomie fonctionnelle (Hébert et al., 1999 ; Ishizaki, Watanabe, Suzuki, Shibata, & Haga, 2000 ; Melton et al., 2000), le niveau d'activité physique (Booth, Bauman, Owen, & Gore, 1997 ; Cohen-Mansfield, Marx, & Guralnik, 2003 ; O'Neill & Reid, 1991), l'incidence de dépression (Cole & Dendukuri, 2003 ; R. E. Roberts, Kaplan, Shema, & Strawbridge, 1997 ; Tanaka, Sasazawa, Suzuki, Nakazawa, & Koyama, 2011), la qualité de la diète (Keller, Ostbye, & Bright-See, 1997 ; Murphy, Davis, Neuhaus, & Lein, 1990 ; Shatenstein et al., 2013), les habitudes de tabagisme (Sachs-Ericsson et al., 2009), la consommation d'alcool et la santé cognitive. Enfin, une relation en « U inversé » est anticipée pour la consommation d'alcool avec $\beta_{4,2} > 0$ et $\beta_{4,3} < 0$, bien que les bénéfices d'une faible consommation d'alcool demeurent controversés (Fekjaer, 2013 ; Stockwell et al., 2016).

Inférence statistique

Deux sources de biais non-négligeables sont susceptibles d'affecter la qualité d'inférence du modèle dynamique à erreurs composées (20) : 1) le phénomène d'attrition sélective, où l'échantillon est construit sur les bases de la variable dépendante (Contoyannis et al., 2004a ; Wooldridge, 2002) ; et 2) la présence d'endogénéité statistique, causée par l'effet de simultanéité/réciprocité (corrélacion non-nulle entre le terme d'erreur u_{it} et certaines variables explicatives) et la corrélation non-nulle entre l'effet fixe v_i et certains régresseurs (Baltagi, Bresson, & Pirotte, 2003 ; Nerlove, 1967, 1971 ; Nickell, 1981 ; Sevestre & Trognon, 1985). Suivant le modèle de sélection non-aléatoire proposé par Wooldridge (2002, chap. 17), une estimation convergente et non-biaisée des paramètres d'intérêt peut être obtenue. L'attrition non-aléatoire est approchée sous l'angle de l'omission d'une variable importante (Heckman, 1976, 1979), où un estimateur des moments géné-

ralisés en différence première (GMM-AB) minimise le biais d'endogénéité possible (Arellano & Bond, 1991 ; Holtz-Eakin, Newey, & Rosen, 1988). Soit le modèle de régression sous la forme générale suivante :

$$\Delta y_{it} = \rho \Delta y_{i,t-1} + \Delta x_{1it} \beta_{(1)} + \Delta x_{2it} \beta_{(2)} + \gamma \hat{\lambda}_{it} + \Delta u_{it}, \quad t = 3, \dots, T_i \quad (21)$$

où y_{it} est la variable dépendante continue, Δ est l'opérateur de différence première ($\Delta y_{it} = y_{it} - y_{i,t-1}$), $|\rho| < 1$ est un paramètre scalaire, x_{1it} est un vecteur de dimension $1 \times k_1$ de variables strictement exogènes non-constantes dans le temps ($E[x'_{1it} u_{is}] = 0 \forall t, s$), $\beta_{(1)} = (\beta_1, \dots, \beta_{k_1})'$ est un vecteur $k_1 \times 1$ de paramètres, x_{2it} est un vecteur $1 \times k_2$ de variables endogènes non-constantes dans le temps ($E[x'_{2it} u_{is}] \neq 0 \forall s \leq t; E[x'_{2it} u_{is}] = 0 \forall s > t$), $\beta_{(2)} = (\beta_{k_1+1}, \dots, \beta_{k_1+k_2})'$ est un vecteur $k_2 \times 1$, le paramètre scalaire γ est assumé fixe dans le temps,²⁷ et où $\hat{\lambda}_{it} = \phi(d_{it}\hat{\eta}_t)/\Phi(d_{it}\hat{\eta}_t)$ est le ratio de Mills (1926) inversé généré à partir des $T - 2$ régressions Probits transversales suivantes :

$$a_{it} = 1[a_{it}^\circ > 0 | w_{it}, z_{it}], \quad t = 3, \dots, T, \quad (22)$$

avec

$$a_{it}^\circ = w_{it}\eta_{wt} + z_{it}\eta_{zt} + e_{it},$$

$$e_{it} | \{\Delta y_{i,t-1}, \Delta x_{it}, w_{it}, z_{it}, a_{i,t-1} = 1\} \sim N(0, 1),$$

où a_{it}° est le modèle linéaire d'utilité aléatoire pour la variable latente, l'indicateur d'attrition $a_{it} = 1$ si $(y_{it}, x_{1it}, x_{2it})$ sont observées ; et $a_{it} = 0$ sinon, $\phi(\cdot)$ est la fonction de densité de probabilité normale (PDF), $\Phi(\cdot)$ est la fonction de distribution cumulative normale (CDF), w_{it} est un vecteur de variables orthogonales à Δu_{it} de

27. L'hypothèse moins forte, selon laquelle $\gamma = (\gamma_3, \dots, \gamma_T)'$, implique l'utilisation de variables muettes et nécessite le retrait de la variable *Age* afin d'éviter le phénomène de colinéarité parfaite ($\Delta \text{Age}_{it} = 1 \forall i, t$). Cette procédure est jugée inadéquate pour le présent modèle.

dimension $1 \times k_{3t}$, le vecteur ligne $z_{it} = (y_{i1}, \dots, y_{is}, x_{1i1}, \dots, x_{1i,s+1}, x_{2i1}, \dots, x_{2is})$ pour $(s = 1, \dots, t - 2)$ est de dimension $k_{4t} = [(t - 2) + k_1(t - 1) + k_2(t - 2)]$, $\eta_{wt} = (\eta_1, \dots, \eta_{k_{3t}})'$ est un vecteur $k_{3t} \times 1$ de paramètres, $\eta_{zt} = (\eta_{k_{3t}+1}, \dots, \eta_{k_{3t}+k_{4t}})'$ est un vecteur $k_{4t} \times 1$ de paramètres à estimer, le vecteur des paramètres estimés $\hat{\eta}_t = (\hat{\eta}'_{wt}, \hat{\eta}'_{zt})'$ est de dimension $k_{5t} \times 1$, $\hat{\eta} = (\hat{\eta}'_3, \dots, \hat{\eta}'_T)'$, $d_{it} = (w_{it}, z_{it})$ est un vecteur ligne de dimension $k_{5t} = k_{3t} + k_{4t}$, et où $E[\Delta u_{it} | e_{it}, a_{i,t-1} = 1] = \gamma e_{it}$.²⁸ Le départ d'un participant est assumé définitif (attrition absorbante), où $a_{it} = 1 \Rightarrow a_{is} = 1 \forall s < t$. Le test d'hypothèse $H_0 : \gamma = 0$, permet de vérifier l'absence de biais d'attrition (Wooldridge, 2002).

Basé sur les conditions de moment $E[z'_{it} \Delta u_{it}] = 0$ pour $(t = 3, \dots, T_i)$, l'estimateur GMM de $\theta = (\rho, \beta'_{(1)}, \beta'_{(2)}, \gamma)'$ minimise la distance quadratique suivante (Hansen, 1982) :

$$\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tilde{u}'_i \hat{Z}_i \right) W_n^{-1} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{Z}'_i \tilde{u}_i \right), \quad (23)$$

où $\tilde{u}_i = (\Delta u_{i3}, \dots, \Delta u_{iT_i})'$ est un vecteur de dimension $(T_i - 2) \times 1$, la matrice $\hat{Z}_i = \text{diag}(z_{it}, \hat{\lambda}_{it})$ pour $(t = 3, \dots, T_i)$ est la matrice des instruments en niveau (Arellano, 1989 ; Kiviet, 1995) de dimension $(T_i - 2) \times L$ avec $L = \sum_{t=3}^T [k_{4t} + 1]$, et W_n satisfait $\text{plim}_{n \rightarrow \infty} W_n = W$ une matrice définie positive. Il peut être démontré que l'estimateur GMM

$$\hat{\theta} = \left[\left(\sum_{i=1}^n \hat{X}'_i \hat{Z}_i \right) W_n^{-1} \left(\sum_{i=1}^n \hat{Z}'_i \hat{X}_i \right) \right]^{-1} \times \left(\sum_{i=1}^n \hat{X}'_i \hat{Z}_i \right) W_n^{-1} \left(\sum_{i=1}^n \hat{Z}'_i \tilde{y}_i \right), \quad (24)$$

où \hat{X}_i est une matrice de dimension $(T_i - 2) \times (k_1 + k_2 + 2)$ dont la $(t - 2)$ ième ligne

28. L'estimateur semi-paramétrique GMM kernel proposé par Kyriazidou (2001) relâche les hypothèses paramétriques du mécanisme de sélection (22), tout en contrôlant pour l'hétérogénéité individuelle inobservée. Cet estimateur conditionne toutefois sur un effet de sélection stable dans le temps, une hypothèse jugée trop forte pour le phénomène d'attrition appliqué à une population âgée.

$\hat{x}_{it} = (\Delta y_{i,t-1}, \Delta x_{1it}, \Delta x_{2it}, \hat{\lambda}_{it})$ pour $(t = 3, \dots, T_i)$, et où $\tilde{y}_i = (\Delta y_{i3}, \dots, \Delta y_{iT_i})'$ est un vecteur colonne de dimension $T_i - 2$. Le modèle est assumé suridentifié, où $L > (k_1 + k_2 + 2)$. En présence d'un biais d'attrition (rejet de H_0), l'estimateur GMM en une étape $\hat{\theta}_{(1)}$ est privilégié où $W_n = \hat{W}_{(1)n} = n^{-1} \sum_{i=1}^n [\hat{Z}'_i B_i \hat{Z}_i]$, avec B_i une matrice carrée de dimension $T_i - 2$ ayant le nombre 2 pour diagonale, la valeur -1 en sous-diagonales, et 0 sinon (Arellano & Bond, 1991). Suivant les travaux de Wooldridge (1995, 2002) et de Semykina et Wooldridge (2013), une variance asymptotique robuste à l'hétéroscédasticité générale des erreurs et corrigée pour la présence du ratio de Mills généré est estimée par

$$\widehat{\text{var}}_c(\hat{\theta}_{(1)}) = \frac{1}{n} [\hat{Q} \hat{W}_{(1)n}^{-1} \hat{Q}']^{-1} \hat{Q} \hat{W}_{(1)n}^{-1} \hat{P} \hat{W}_{(1)n}^{-1} \hat{Q}' [\hat{Q} \hat{W}_{(1)n}^{-1} \hat{Q}']^{-1}, \quad (25)$$

avec

$$\begin{aligned} \hat{Q} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{X}'_i \hat{Z}_i, \\ \hat{P} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\left(\hat{Z}'_i \hat{u}_{i(1)} + \hat{F}_{(1)} \hat{b}_i \right) \left(\hat{Z}'_i \hat{u}_{i(1)} + \hat{F}_{(1)} \hat{b}_i \right)' \right], \\ \hat{u}_{i(1)} &= \tilde{y}_i - \hat{X}_i \hat{\theta}_{(1)}, \\ \hat{F}_{(1)} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\hat{Z}'_i \nabla_{\eta} \hat{u}_{i(1)} \right], \\ \nabla_{\eta} \hat{u}_{i(1)} &= \text{diag} \left[\hat{\gamma} d_{it} \hat{\lambda}_{it} (d_{it} \hat{\eta}_t + \hat{\lambda}_{it}) \right], \\ \hat{b}_i &= (\hat{b}'_{i3}, \dots, \hat{b}'_{iT})', \\ \hat{b}_{it} &= R_t^{-1} \left[\Phi(d_{it} \hat{\eta}_t) [1 - \Phi(d_{it} \hat{\eta}_t)] \right]^{-1} \phi(d_{it} \hat{\eta}_t) d'_{it} [a_{it} - \Phi(d_{it} \hat{\eta}_t)], \\ \hat{R}_t &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\left[\Phi(d_{it} \hat{\eta}_t) [1 - \Phi(d_{it} \hat{\eta}_t)] \right]^{-1} [\phi(d_{it} \hat{\eta}_t)]^2 d'_{it} d_{it} \right], \end{aligned}$$

où $\nabla_{\eta} \hat{u}_{i(1)}$ est une matrice bloc-diagonale de dimension $(T_i - 2) \times k_6$, \hat{b}_i est de dimension $k_6 \times 1$, et $k_6 = k_{53} + \dots + k_{5T}$. L'échantillon non-balancé est géré par l'ajout de zéros aux colonnes manquantes des matrices \hat{Z}_i , $\nabla_{\eta} \hat{u}_{i(1)}$, et \hat{b}_i .

Sous l'hypothèse H_0 , l'estimateur GMM efficace en deux étapes $\hat{\theta}_{(2)}$ est pour sa part privilégié où $W_n = \hat{W}_{(2)n} = n^{-1} \sum_{i=1}^n [\hat{Z}'_i \hat{u}_{i(1)} \hat{u}'_{i(1)} \hat{Z}_i]$. Suivant les travaux de Windmeijer (2005), une variance asymptotique robuste à l'hétéroscédasticité générale des erreurs et corrigée du biais en échantillon fini est estimée par ²⁹

$$\begin{aligned} \widehat{\text{var}}_c(\hat{\theta}_{(2)}) &= \frac{1}{n} [\hat{Q} \hat{W}_{(2)n}^{-1} \hat{Q}']^{-1} + \frac{1}{n} \hat{F}_{(2)} [\hat{Q} \hat{W}_{(2)n}^{-1} \hat{Q}']^{-1} \\ &\quad + \frac{1}{n} [\hat{Q} \hat{W}_{(2)n}^{-1} \hat{Q}']^{-1} \hat{F}'_{(2)} + \hat{F}_{(2)} \widehat{\text{var}}(\hat{\theta}_1) \hat{F}'_{(2)}, \end{aligned} \quad (26)$$

où $\widehat{\text{var}}(\hat{\theta}_{(1)})$ est calculée à partir de l'équation (25) pour $\hat{\gamma} = 0$, et où la k ième colonne de la matrice $\hat{F}_{(2)}$ est donnée par

$$\hat{F}_{(2)k} = - [\hat{Q} \hat{W}_{(2)n}^{-1} \hat{Q}']^{-1} \hat{Q} \hat{W}_{(2)n}^{-1} \frac{\partial \hat{W}_{(2)n}}{\partial \hat{\theta}_{(2)k}} \hat{W}_{(2)n}^{-1} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{Z}'_i \hat{u}_{i(2)},$$

avec $\hat{\theta}_{(2)k}$ le k ième paramètre de $\hat{\theta}_{(2)}$, et $\hat{u}_{i(2)} = \tilde{y}_i - \hat{X}_i \hat{\theta}_{(2)}$. La statistique J de Hansen (1982) permet enfin de vérifier la spécification générale du modèle, où

$$J = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{Z}'_i \hat{u}_i \right)' \hat{S}^{-1} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{Z}'_i \hat{u}_i \right) \sim \chi^2_{L-(k_1+k_2+2)}, \quad (27)$$

sous l'hypothèse nulle de la validité du modèle et des instruments, avec

$$\hat{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{Z}'_i \hat{u}_i \hat{u}'_i \hat{Z}_i,$$

en présence d'hétéroscédasticité des termes d'erreur. Pour le cas spécifique de l'équation (20) : $x_{1it} = (Age_{it})$, $x_{2it} = (PASE_{it}, Diet_{it}, Fum_{it}, Alcool_{it}, Alcool_{it}^2, GDS_{it}, SMAF_{it}, MMS_{it})$, et $y_{it} = \ln H_{it}$.

29. Les simulations Monte-Carlo démontrent une variance en échantillon fini de l'estimateur GMM efficace en deux étapes sévèrement biaisée vers le bas (Arellano & Bond, 1991 ; Koenker & Machado, 1999 ; Windmeijer, 2005). En présence de suridentification, les procédures *bootstrap* (Brown, Newey, & May, 1999 ; Hall & Horowitz, 1996) se sont avérées peu fiables en simulations Monte-Carlo (Bond & Windmeijer, 2002).

Il a été démontré le biais possible de l'estimateur GMM-AB en échantillon fini pour deux cas spécifiques (Binder, Hsiao, & Pearsan, 2005; Blundell & Bond, 1998; Blundell, Bond, & Windmeijer, 2000) : 1) lorsque le paramètre estimé du terme autorégressif tend vers l'unité (identification faible); et 2) lorsque la variance relative de l'effet fixe augmente. Poursuivant les travaux de Arellano et Bover (1995), Blundell et Bond (1998) proposent un estimateur GMM système (GMM-SYS) basé sur la condition initiale $E[v_i \Delta y_{i2}] = E[v_i \Delta x_{1i2}] = E[v_i \Delta x_{2i2}] = 0 \forall i$. Sous l'hypothèse H_0 , l'estimateur en deux étapes $\hat{\theta}_{(2)}^{SYS}$ et la variance asymptotique $\widehat{\text{var}}_c(\hat{\theta}_{(2)}^{SYS})$ sont obtenus à partir des équations (24) et (26), où

$$B_i = B_i^{SYS} = \begin{pmatrix} B_i & 0 \\ 0 & I \end{pmatrix},$$

est une matrice carrée de dimension $2(T_i - 2)$ avec $I = \text{diag}(1, \dots, 1)$ la matrice identité de dimension $2(T_i - 2)$,

$$\tilde{y}_i = y_i^{SYS} = \begin{pmatrix} \Delta y_{i3} \\ \vdots \\ \Delta y_{iT_i} \\ y_{i3} \\ \vdots \\ y_{iT_i} \end{pmatrix}, \quad \hat{X}_i = X_i^{SYS} = \begin{pmatrix} \Delta y_{i2} & 0 & \Delta x_{1i3} & \Delta x_{2i3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \Delta y_{i,T_i-1} & 0 & \Delta x_{1iT_i} & \Delta x_{2iT_i} \\ y_{i2} & 1 & x_{1i3} & x_{2i3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{i,T_i-1} & 1 & x_{1iT_i} & x_{2iT_i} \end{pmatrix},$$

sont respectivement un vecteur colonne de dimension $2(T_i - 2)$ et une matrice de dimension $2(T_i - 2) \times (k_1 + k_2 + 2)$, et où la matrice des instruments

$$\hat{Z}_i = Z_i^{SYS} = \begin{pmatrix} z_{i3} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \ddots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & z_{iT_i} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Delta y_{i3}, 1, \Delta x_{2i3} & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \Delta y_{iT_i}, 1, \Delta x_{2iT_i} \end{pmatrix},$$

est de dimension $2(T_i - 2) \times L^{SYS}$, avec $L^{SYS} = \sum_{t=3}^T [k_{4t}] + (T_i - 2)(k_2 + 2)$.

Stratégie d'inférence

Les estimations GMM, pouvant être directement associées au concept de réserve physiologique proposé par Whitson et al. (2016), sont obtenues à partir de la commande *xtabond2* du logiciel Stata-10 (Roodman, 2009).³⁰ L'option *twostep robust* permet la correction de Windmeijer, où la statistique préprogrammée de Hansen J est directement calculée. Les régressions Probit (22) sont pour leurs parts exécutées à partir de la commande *probit* du logiciel Stata, où le ratio de Mills inversé est obtenu à partir des programmations PDF et CDF de ce même logiciel. L'estimation non-pondérée des paramètres d'intérêt est privilégiée, dans la mesure où la stratification des données NuAge est indépendante des variables de performance physique (stratification exogène selon l'âge et le sexe) et que la présente recherche s'inscrit dans une analyse de causalité (Cameron & Trivedi, 2005 ; Solon, Haider, & Wooldridge, 2013 ; Wooldridge, 1999).³¹ Afin de maximiser la

30. Si applicable, la structure matricielle (25) est développée à partir du langage Mata.

31. Il a été démontré la validité et l'efficacité des estimateurs M non-pondérés sous la condition de stratification exogène et d'égalité de la matrice d'information (Wooldridge, 1999). De plus, les poids échantillonnaires de l'étude NuAge étant représentatifs de la population âgée générale (voir Tableau 3), rien n'indique que la pondération proposée permette de retrouver les moments populationnels d'un échantillon caractéristique du vieillissement réussi.

robustesse des conclusions émises, deux méthodes d'estimations additionnelles sont considérées : la régression linéaire par les moindres carrés ordinaires (OLS) et l'estimateur de Kiviet (1995, 1999). Il a été démontré que l'estimateur OLS tend à surestimer le coefficient positif de persistance intertemporelle (Hsiao, 2003 ; Nerlove, 1967 ; Sevestre & Trognon, 1985), un biais vers le haut dont l'amplitude est corrélée avec la variance relative de l'effet fixe v_i . L'estimateur OLS, pouvant être associé au concept général de résilience physique proposé par Whitson et al. (2016), est exécuté à partir de la commande *regress* du logiciel Stata avec l'option *robust cluster*.³² L'estimateur de Kiviet (1995, 1999) bénéficie pour sa part de la stabilité et de l'efficacité de l'estimateur des moindres carrés avec variable muette (LSDV), tout en corrigeant le biais vers le bas du paramètre autorégressif (Kiviet, 1995, 1999 ; Kiviet & Bun, 2001 ; Nickell, 1981). Cet estimateur, contrôlant pour les effets fixes et pouvant être associé au concept de réserve physiologique proposé par Whitson et al. (2016), demeure toutefois biaisé en présence de variables explicatives endogènes. L'estimateur Kiviet est exécuté à partir de la commande *xtlsdvc* du logiciel Stata (Bruno, 2005a, 2005b), où les écarts-types LSDV sont robustes à l'hétéroscédasticité générale des termes d'erreur.

Afin de minimiser les biais de spécification possibles, différentes sous-catégories de variables explicatives sont considérées. La mesure d'autonomie fonctionnelle *SMAF* est notamment désagrégée, où les sous-scores des activités élémentaires de la vie quotidienne [*SMAF(avq)*], de la mobilité [*SMAF(mob)*], de la communication [*SMAF(com)*], et des activités instrumentales de la vie quotidienne [*SMAF(aivq)*] sont étudiés. Plusieurs sous-catégories de la mesure d'intensité physique *PASE* sont de plus considérées, dont l'échelle de fréquence de promenade

32. Les écarts-types, robustes à l'hétéroscédasticité générale des termes d'erreur (Huber, 1967 ; White, 1980, 1982), sont également corrigés pour la présence de corrélation intra-individuelle (W. H. Rogers, 1993 ; Williams, 2000). L'estimateur OLS, sans biais et convergent, n'est toutefois pas à variance minimale dans le présent contexte longitudinal.

à l'extérieur [*PASE(prom)*], d'exercice d'intensité léger [*PASE(leger)*], d'exercice d'intensité modérée [*PASE(mod)*], d'exercice d'intensité élevée [*PASE(elev)*], d'exercice de force/endurance musculaire [*PASE(musc)*], des travaux de jardinage physiquement exigeants [*PASE(jard)*] et des tâches domestiques lourdes [*PASE(lourd)*].³³ L'outil de dépistage nutritionnel chez les aînés [*DNA*] (Payette, 2005) est également ajouté, où dix questions (pour un score maximal de 13 points) ciblent l'identification des personnes âgées à risque de carences énergétiques et nutritionnelles.³⁴ Cet instrument a démontré une sensibilité de 78% et une spécificité de 76%, de même qu'une corrélation intra-classe et inter-juges de 0,87 et de 0,84, respectivement (Payette, 1997; Payette, Guigoz, & Vellas, 1999). Ces régresseurs additionnels ne sont toutefois retenus qu'en deuxième niveau d'analyse (suite à l'élimination des variables *SMAF*, *PASE* ou *Diet*) et sont exclus du modèle d'attrition.

Le Tableau 6 suivant décompose la variance totale des variables sélectionnées. Ce tableau expose l'importance relative de la variance inter-individuelle (variation entre les individus), où la faible variance intra-individuelle (variation dans le temps) observée implique une perte d'efficacité non-négligeable en présence d'un estimateur en différence première (Cameron & Trivedi, 2005).³⁵ En raison de ce risque accru d'erreur de type II, la présente analyse se concentre sur les variables significatives des différents modèles estimés. De plus, un seuil de signification statistique établi à 10% appuie cette analyse empirique. Un intervalle de confiance à 75% est également considéré à des fins de prospection.

33. Tâches domestiques lourdes : empiler du bois, déplacer des meubles, épousseter, passer l'aspirateur, laver les planchers, laver les fenêtres, laver les murs et laver la voiture (New England Research Institute, 1991).

34. Le DNA recueille des informations sur la corpulence de l'individu, la perte de poids, les douleurs arthritiques, la vision, les événements de vie, l'appétit et la consommation de certains aliments au petit déjeuner (fruits, œuf, pain, lait).

35. Il peut être démontré que la somme de la variance intra-individuelle et de la variance inter-individuelle est approximativement égale à la variance totale (Cameron & Trivedi, 2010).

Tableau 6. Distribution et variation intra/inter-individuelle des variables explicatives sélectionnées : Échantillon de panel NuAge.

Variable	Description	Moyenne	Min	Max	Variance	
					Intra	Inter
Age	Âge chronologique de l'individu	75,92 (4,35)	67	87	1,25	17,64
Alcool	Consommation quotidienne d'alcool (grammes)	6,25 (11,42)	0	114,4	26,94	104,04
Diet	Qualité globale de la diète (0-100)	71,78 (11,70)	16,18	98,93	48,86	97,61
DNA	Dépistage nutritionnel chez les aînés, DNA (0-13)	2,73 (1,61)	0	10	0,96	1,74
Fum	Nombre de cigarettes par jour	0,52 (3,02)	0	40	1,19	9,43
GDS	Dépression, Score GDS (0-30)	4,94 (4,16)	0	27	3,20	14,90
MMMS	Cognitif, Score 3MS (0-100)	92,72 (5,83)	37	100	8,47	25,30
PASE	Activité physique, Score PASE (0-793)	95,43 (51,30)	0	401,71	810,54	1862,79
SMAF	Autonomie fonctionnelle, Score SMAF (0-87)	5,79 (5,12)	0	67	7,78	18,84
Biceps	Force isométrique, Biceps (newtons)	41,53 (16,31)	3	114	24,31	244,30
Chaise	Performance physique, Levers de chaise (sec.)	11,89 (4,30)	4,19	65,91	5,06	15,45
MarN	Performance physique, Marche normale (sec.)	4,29 (1,13)	2,25	25,5	0,34	1,06
MarR	Performance physique, Marche rapide (sec.)	3,19 (0,84)	1,47	17,69	0,14	0,65
Preh	Force musculaire, Préhension (KPa)	65,27 (18,65)	4	160	39,06	314,00
Quad	Force isométrique, Quadriceps (newtons)	55,92 (21,78)	9	148	55,06	427,66
TUG	Performance physique, Timed Up & Go (sec.)	10,96 (2,80)	5	69,66	1,75	6,86

Note. Données non-pondérées. Les écart-types apparaissent entre parenthèses.

Résultats principaux

Analyse préliminaire

En analyse préliminaire, les Tableaux 7 et 8.1 suivants révèlent une faible corrélation entre les variables explicatives sélectionnées. L'utilisation de données en panel tend à minimiser le phénomène de multicollinéarité (Hsiao, 2003 ; Klevmarken, 1989), favorisant ainsi la qualité d'inférence statistique et la stabilité des estimations obtenues (Greene, 2008). Mentionnons toutefois l'importance relative de la corrélation entre l'âge [*Age*], l'activité physique [*PASE*] et la dépendance fonctionnelle [*SMAF*], où ces variables dominent le facteur 1 du Tableau 8.1. Le tableau des corrélations de Pearson (1896) et l'analyse varimax (Kaiser, 1958) exposent de plus l'importance relative de la corrélation entre le risque nutritionnel [*DNA*] et l'échelle de dépression [*GDS*], où ces dernières variables dominent le facteur 2 du Tableau 8.1. L'analyse du Tableau 8.2 révèle pour sa part les dimensions sous-jacentes aux variables de performance physique, où le facteur 1 regroupe les tests de force de préhension [*Preh*] et de force isométrique [*Quad*, *Biceps*], et où le facteur 2 intègre les mesures de levers de chaise [*Chaise*], de marche normale [*MarN*], de marche rapide [*MarR*] et du test TUG. Le critère de communauté (Comm.) montre toutefois le caractère unique des variables *Preh* et *Chaise*, variables pour lesquelles la proportion de la variance expliquée par les facteurs orthogonaux est inférieure à 40%.

Force de préhension, biceps et quadriceps

En première analyse, les estimateurs OLS (a)-(b) du Tableau 9 suivant explorent le concept général de résilience physique appliqué aux tests de force de préhension, de force biceps et de force quadriceps. Ces modèles de régression révèlent l'importance du phénomène de persistance intertemporelle, où un para-

Tableau 7. Tableau des corrélations de Pearson (1896) : Variables explicatives

	<i>Age</i>	<i>PASE</i>	<i>Diet</i>	<i>DNA</i>	<i>Fum</i>	<i>Alcool</i>	<i>GDS</i>	<i>SMAF</i>
<i>PASE</i>	-0,282*	1,000						
<i>Diet</i>	-0,065*	0,005	1,000					
<i>DNA</i>	0,125*	-0,147*	-0,180*	1,000				
<i>Fum</i>	-0,044*	0,004	-0,100*	0,050*	1,000			
<i>Alcool</i>	-0,073*	0,050*	-0,027	-0,048*	0,065*	1,000		
<i>GDS</i>	0,102*	-0,210*	-0,078*	0,316*	0,038*	-0,043*	1,000	
<i>SMAF</i>	0,249*	-0,250*	-0,097*	0,173*	-0,012	-0,051*	0,247*	1,000
<i>MMMS</i>	-0,215*	-0,008	0,149*	-0,083*	-0,029*	0,061*	-0,080*	-0,252*

* $p < 0,05$.

Tableau 8. Analyse factorielle avec rotation varimax

(8.1) Variables explicatives					(8.2) Variables dépendantes			
	Facteur 1	Facteur 2	Facteur 3	Comm.		Facteur 1	Facteur 2	Comm.
<i>Age</i>	0,473	0,102	0,072	0,240	<i>Preh</i>	0,592	-0,206	0,392
<i>PASE</i>	-0,379	-0,262	0,150	0,235	<i>Biceps</i>	0,853	-0,170	0,756
<i>Diet</i>	-0,025	-0,202	-0,305	0,134	<i>Quad</i>	0,799	-0,215	0,685
<i>DNA</i>	0,140	0,449	0,107	0,233	<i>Chaise</i>	-0,227	0,537	0,340
<i>Fum</i>	-0,121	0,136	0,151	0,056	<i>MarN</i>	-0,145	0,814	0,683
<i>Alcool</i>	-0,162	0,003	0,031	0,027	<i>MarR</i>	-0,235	0,814	0,718
<i>GDS</i>	0,198	0,455	0,014	0,247	<i>TUG</i>	-0,197	0,775	0,639
<i>SMAF</i>	0,440	0,248	0,133	0,273				
<i>MMMS</i>	-0,298	-0,038	-0,347	0,211				

mètre autorégressif expliquant entre 73% et 81% de la variance totale, hautement significatif et relativement près de l'unité (se situant entre 0,8570 et 0,9103) est observé pour l'ensemble des échantillons 9.1 à 9.3. L'approche OLS (b) expose de plus l'effet négatif et hautement significatif de l'avancée en âge, bien que l'ajout de cette variable explicative ait un impact relativement limité sur la valeur R^2 .

En seconde analyse, l'estimateur de Kiviet (c) expose l'effet de réserve physiologique anticipé par le modèle théorique. Le paramètre autorégressif demeure

Tableau 9. Analyse dynamique multivariée : Force de préhension et isométrique

(9.1) Force de préhension					
$\ln Preh_t$	(a)	(b)	(c)	(d)	
	OLS	OLS	Kiviet	GMM-AB	
$\ln Preh_{t-1}$	0,8836***	0,8718***	0,2791***	0,2362*	
Age_t		-0,0030***	-0,0179***	-0,0212†††	
DNA_t				-0,0597*	
Fum_t				-0,0087††	
$MMMS_t$				0,0181†††	
$\hat{\lambda}_t$				-0,0031	
R^2	0,7313	0,7327			
Hansen J				0,64 (8)	
N	3653	3653	3653	2218	

(9.2) Force biceps					
$\ln Biceps_t$	(a)	(b)	(c)	(d)	(e) ^a
	OLS	OLS	Kiviet	GMM-AB	GMM-SYS
$\ln Biceps_{t-1}$	0,9103***	0,8982***	0,3097***	0,0379	0,1616*
Age_t		-0,0047***	-0,0294***	-0,0492***	-0,0398***
GDS_t				-0,0554*	-0,0283†††
$SMAF(com)_t$				-0,0351†	-0,0320†
$\hat{\lambda}_t$				0,0142	
R^2	0,8064	0,8086			
Hansen J				0,06 (6)	0,05 (12)
N	3547	3547	3547	2284	2284

(9.3) Force quadriceps				
$\ln Quad_t$	(a)	(b)	(c)	(d)
	OLS	OLS	Kiviet	GMM-AB
$\ln Quad_{t-1}$	0,8672***	0,8570***	0,2765***	0,2375†††
Age_t		-0,0040***	-0,0306***	-0,0478*
$PASE(lourd)_t$				0,0172†††
GDS_t				-0,1465*
$\hat{\lambda}_t$				0,0387
R^2	0,7479	0,7497		
Hansen J				0,06 (6)
N	3519	3519	3519	2259

† $p \leq 0, 25$. †† $p \leq 0, 15$. ††† $p \leq 0, 10$. * $p < 0, 05$. ** $p < 0, 01$. *** $p < 0, 001$.

^a Pour le modèle 9.2(e), la matrice initiale $B_i = \text{diag}(1, \dots, 1)$.

Note. N est le nombre d'observations total (échantillon en panel). $\hat{\lambda}_t$ est le paramètre d'attrition. Si applicable, la constante est omise à des fins de simplification. Le test de Hansen J est distribué selon une χ^2 sous l'hypothèse nulle de la validité du modèle, où la statistique p est rapportée et les degrés de liberté apparaissent entre parenthèses.

hautement significatif pour l'ensemble des échantillons étudiés, bien que son amplitude soit réduite d'un facteur de trois suite au contrôle des effets fixes (comparativement au modèle OLS). Le modèle de Kiviet (c) valide également l'effet anticipé de l'âge chronologique, où l'amplitude du paramètre négatif est multipliée par un facteur de six (modèles 9.1c et 9.2c) et un facteur de huit (modèle 9.3c) suite au contrôle de l'hétérogénéité individuelle inobservée fixe (comparativement au modèle OLS).

En troisième analyse, l'approche GMM (d)-(e) expose les déterminants biopsychosociaux contemporains des mesures de force musculaire et isométrique étudiées. La capacité de réserve physiologique et l'effet de l'âge chronologique s'inscrivent dans la continuité des résultats du modèle de Kiviet (c), à l'exception toutefois du modèle 9.2d dont le paramètre autorégressif de réserve physiologique semble être affecté d'un biais d'estimation vers le bas. Les modèles GMM-AB (d) rejettent de plus la présence d'un biais d'attrition non-aléatoire $[\hat{\lambda}_t]$, modèles dont la spécification générale est validée par la statistique de Hansen J au seuil de 5%. Plus spécifiquement, les résultats empiriques du modèle 9.1d exposent les effets négatifs du tabagisme $[Fum_t]$ (seuil exploratoire de 15%) et du risque nutritionnel $[DNA_t]$ sur la force de préhension. Une causalité positive est de plus observée entre les capacités cognitives $[MMMS_t]$ et cette même variable dépendante, où chaque point additionnel au score 3MS neutralise l'effet immédiat de 0,86 année d'âge $[0,86 = (e^{0,0181} - 1)/0,0212]$. Les Tableaux 9.2 et 9.3 révèlent également l'impact de la santé mentale $[GDS_t]$ sur la force isométrique, où une causalité négative est observée entre l'échelle GDS-30 et les variables de force biceps/quadriceps. Le Tableau 9 expose de plus l'effet positif et contemporain des travaux domestiques lourds $[PASE(lourd)_t]$ sur la force quadriceps (modèle 9.3d), de même que l'impact négatif d'une augmentation du score SMAF communication $[SMAF(comm)_t]$ sur la force biceps (modèles 9.2d-e, seuil exploratoire

de 25%). Enfin, les modèles GMM considérant la consommation quotidienne d'alcool [$Alcool_t$], la qualité de la diète [$Diet_t$], la variable agrégée d'activité physique [$PASE_t$] et la variable agrégée d'autonomie fonctionnelle [$SMAF_t$] se sont avérés instables et non-concluants pour l'ensemble des échantillons étudiés. Les modèles GMM de force isométrique intégrant les capacités cognitives [$MMMS_t$] ont pour leurs parts été invalidés par la statistique de Hansen J.

Mobilité fonctionnelle

En première analyse, les estimateurs OLS (a)-(b) du Tableau 10 suivant explorent le concept général de résilience physique appliqué aux tests de levers de chaise, TUG et de marche normale/rapide. Ces modèles de régression révèlent l'importance du phénomène de persistance intertemporelle, où un paramètre autorégressif expliquant de 46% à 57% de la variance totale, hautement significatif et se situant entre 0,6633 et 0,8065 est observé pour l'ensemble des échantillons 10.1 à 10.3. L'approche OLS (b) expose de plus l'effet négatif et hautement significatif de l'avancée en âge, bien que l'ajout de cette variable explicative ait un impact relativement limité sur la valeur R^2 .

En seconde analyse, l'estimateur de Kiviet (c) expose l'effet de réserve physiologique anticipé par le modèle théorique. Le paramètre autorégressif demeure hautement significatif pour l'ensemble des échantillons étudiés, bien que son amplitude soit réduite d'un facteur de quatre (modèle 10.4c), de six (modèles 10.2c et 10.3c) et de onze (modèle 10.1c) suite au contrôle des effets fixes (relativement au modèle OLS). Le modèle Kiviet (c) valide également l'effet anticipé de l'âge chronologique, où l'amplitude du paramètre négatif est multipliée par un facteur de deux (modèle 10.4c) et de cinq (modèle 10.1c) suite au contrôle de l'hétérogénéité individuelle inobservée fixe (relativement au modèle OLS).

Tableau 10. Analyse dynamique multivariée : Mobilité fonctionnelle

(10.1) Levers de chaise				
$\ln Chaise_t$	(a)	(b)	(c)	(d) ^a
	OLS	OLS	Kiviet	GMM-AB
$\ln Chaise_{t-1}$	0,6796***	0,6633***	0,0591*	0,0329
Age_t		0,0051***	0,0272***	0,0374†††
GDS_t				0,0798††
$SMAF(aivq)_t$				0,0441††
$\hat{\lambda}_t$				-0,0888†
R ²	0,4622	0,4672		
Hansen J				0,08 (6)
N	3444	3444	3444	2217

(10.2) Test TUG					
$\ln TUG_t$	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
	OLS	OLS	Kiviet	GMM-SYS	GMM-SYS
$\ln TUG_{t-1}$	0,7373***	0,6952***	0,1268***	0,0751†††	0,0891†††
Age_t		0,0060***	0,0080***	0,0061†††	0,0074†††
$PASE(prom)_t$				-0,0052*	-0,0051*
$PASE(lourd)_t$				-0,0045*	-0,0055*
DNA_t					0,0277††
GDS_t				0,0123†††	
$SMAF(avq)_t$				0,0363***	0,0319*
$MMMS_t$				-0,0053†††	-0,0056*
R ²	0,5147	0,5303			
Hansen J				0,69 (24)	0,81 (24)
N	3591	3591	3591	2315	2183

(10.3) Marche normale			(10.4) Marche rapide				
$\ln MarN_t$	(a)	(b)	(c)	$\ln MarR_t$	(a)	(b)	(c)
	OLS	OLS	Kiviet		OLS	OLS	Kiviet
$\ln MarN_{t-1}$	0,7302***	0,6967***	0,1290**	$\ln MarR_{t-1}$	0,8065***	0,7850***	0,2147***
Age_t		0,0058***	0,0058*	Age_t		0,0040***	0,0081***
R ²	0,4659	0,4790		R ²	0,5650	0,5708	
N	3603	3603	3603	N	3596	3596	3596

† $p \leq 0,25$. †† $p \leq 0,15$. ††† $p \leq 0,10$. * $p < 0,05$. ** $p < 0,01$. *** $p < 0,001$.

^a Pour le modèle 10.1(d), la matrice initiale $B_i = \text{diag}(1, \dots, 1)$.

Note. N est le nombre d'observations total (échantillon en panel). $\hat{\lambda}_t$ est le paramètre d'attrition. Si applicable, la constante est omise à des fins de simplification. Le test de Hansen J est distribué selon une χ^2 sous l'hypothèse nulle de la validité du modèle, où la statistique p est rapportée et les degrés de liberté apparaissent entre parenthèses.

En troisième analyse, l'approche GMM (d)-(e) expose les déterminants biopsychosociaux contemporains des tests de levers de chaise et TUG. La capacité de réserve physiologique et l'effet de l'âge chronologique s'inscrivent dans la continuité des résultats du modèle Kiviet (c), à l'exception toutefois du modèle 10.1d dont le paramètre autorégressif de réserve physiologique est non-significatif. Ce dernier modèle GMM rejette de plus la présence d'attrition non-aléatoire $[\hat{\lambda}_t]$, sans toutefois exclure la possibilité de biais dans l'intervalle de confiance exploratoire établi à 75%. La spécification générale des modèles GMM (d)-(e) est validée par la statistique de Hansen J au seuil de 5%. Plus spécifiquement, les résultats empiriques du modèle 10.1d révèlent la causalité positive entre l'échelle de dépression $[GDS_t]$ et le temps d'exécution du test de levers de chaise (seuil exploratoire de 15%). Ce modèle expose également l'impact contemporain de l'autonomie fonctionnelle, où une augmentation du score $SMAF(aivq)_t$ entraîne une augmentation de cette même variable dépendante (seuil exploratoire de 15%). Sous l'hypothèse d'absence de biais d'attrition, les modèles 10.2d-e dévoilent pour leurs parts l'effet positif de l'activité de marche extérieure $[PASE(prom)_t]$ et des travaux domestiques lourds $[PASE(lourd)_t]$ sur la performance au test TUG. Ces estimateurs GMM-SYS exposent également l'impact négatif d'une augmentation du score $SMAF(avq)_t$ sur la performance au test TUG, de même que l'effet négatif d'une élévation du risque nutritionnel $[DNA_t]$ (au seuil exploratoire de 15%) et du score de dépression $[GDS_t]$. Une causalité négative est de plus observée entre les capacités cognitives $[MMMS_t]$ et le temps d'exécution du test TUG, où chaque point additionnel au score 3MS neutralise jusqu'à 0,87 année d'effet d'âge. Enfin, les modèles GMM considérant la consommation quotidienne d'alcool $[Alcool_t]$, la qualité de la diète $[Diet_t]$, la variable agrégée d'activité physique $[PASE_t]$ et la variable agrégée d'autonomie fonctionnelle $[SMAF_t]$ se sont avérés instables et non-concluants pour l'ensemble des échantillons étudiés. L'approche GMM, appliquée aux variables de marche normale et de marche rapide, a

pour sa part été invalidée par la statistique de Hansen J. L'approche GMM-AB, appliquée au test TUG, a de plus été invalidée par la statistique de Hansen J. Cette dernière statistique a également invalidé le modèle GMM de levers de chaise intégrant les capacités cognitives $[MMMS_t]$.

Résumé

Les résultats OLS démontrent l'importance du phénomène de résilience physique chez les aînés. Les modèles Kiviet et GMM valident pour leurs parts l'effet de réserve physiologique anticipé par le modèle théorique, de même que l'impact négatif de l'âge sur la performance physique des individus âgés. Le contrôle des effets fixes tend à amplifier l'impact de l'avancée en âge, et tend également à réduire l'amplitude de réserve physiologique. Ce dernier constat est particulièrement marqué pour les paramètres autorégressifs associés à la mobilité fonctionnelle (tests de levers de chaise, TUG et de marche normale). Globalement, les modèles à erreurs composées valident l'effet positif d'une bonne santé mentale sur la performance physique. Le cognitif affecte également la santé physique des aînés (force de préhension, test TUG), bien que les modèles intégrant le score 3MS tendent à être invalidés par le critère de spécification générale (Hansen J). L'analyse empirique expose de plus la sensibilité de l'approche GMM au phénomène de multicolinéarité, où les variables agrégées d'activité physique et d'incapacités fonctionnelles se sont avérées instables, donc non-concluantes, pour l'ensemble des modèles. La désagrégation des variables permet toutefois de dégager certains constats au niveau des habitudes de vie et de l'autonomie fonctionnelle. En effet, les résultats démontrent l'impact négatif du risque nutritionnel sur la force de préhension, l'impact positif de la marche extérieure sur la performance au test TUG, l'impact positif des tâches domestiques lourdes sur la force quadriceps et la performance au test TUG, de même que la causalité positive entre le score SMAF-AVQ et le temps d'exécution du test TUG.

Discussion

Ce chapitre offre une réflexion approfondie des résultats empiriques, appuyée d'un retour sur la littérature gérontologique existante. Les forces et les limites de la présente étude sont également discutées, de même que les retombées scientifiques possibles. Diverses propositions sont enfin formulées et ce, à des fins de recherches ultérieures.

Résilience physique, capacité de réserve physiologique et déterminants contemporains

Conformément aux relations théoriques anticipées (Tableau 1), les estimations obtenues exposent le phénomène de persistance intertemporelle qui accompagne la dimension physiologique du vieillissement réussi. La résilience physique représente une composante dominante des trajectoires longitudinales de performance, où les paramètres autorégressifs OLS expliquent une part importante de la variabilité et tendent vers un parcours longitudinal résistant (Whitson et al., 2016). Ce dernier constat est particulièrement marqué pour les mesures objectives de force, corroborant les travaux de Lange et McKee (2012). De la définition conceptuelle proposée par Whitson et al. (2016), il peut être déduit que la résilience physique est influencée par deux sources de corrélation temporelle : 1) les caractéristiques intrinsèques/extrinsèques spécifiques à chaque individu âgé ; et 2) la capacité de réserve physiologique. L'écart observé entre les paramètres OLS et Kiviet/GMM témoigne ainsi de la contribution substantielle de l'hétérogénéité individuelle inobservée, en concordance avec la littérature gérontologique traitant des parcours de vie (Kuh et al., 2002, 2014), de la personnalité (Terracciano et al., 2013 ; Tolea, Costa Jr., et al., 2012 ; Tolea, Terracciano, et al., 2012) et de l'héritabilité

(Carmelli et al., 2000 ; K. Christensen et al., 2000 ; Pajala et al., 2005 ; Tiainen et al., 2008). Ces effets fixes inobservés prédominent largement sur la réserve de mobilité (levers de chaise, TUG, marche normale), en raison notamment de la grande variabilité génétique et des traits de personnalité résiliente qui accompagnent ces performances physiques (Dato, De Rango, Crocco, Passarino, & Rose, 2015 ; Terracciano et al., 2013). L'approche GMM dévoile enfin la récursivité réelle des variables étudiées (Greene, 2008), où la réserve estimée des tests de force et TUG suggère un effet de long terme associé aux interventions contemporaines.

Des différentes causalités contemporaines observées, une mise en relation avec les connaissances gérontologiques actuelles constitue un exercice scientifique délicat. Le modèle original proposé modifie substantiellement l'interprétation des paramètres estimés, où l'effet des déterminants est conditionné sur l'historique entier des régresseurs et représente, par le fait même, l'impact de la nouvelle information sur les variables dépendantes (Greene, 2008). Les résultats obtenus n'en demeurent pas moins intuitifs, conformément aux anticipations théoriques formulées et à la littérature scientifique existante. En cohérence avec les études antérieures (Atkinson et al., 2005 ; Dalle Carbonare et al., 2009 ; Payette et al., 2011), la présente analyse quantitative démontre l'impact négatif de l'âge sur la performance physique des aînés. Le contrôle du passé individuel et de l'hétérogénéité inobservée expose pour sa part le coefficient associé à la composante chronologique de l'âge (Hooyman & Kiyak, 2011), un coefficient négatif attribué notamment à l'instabilité génomique causée par l'accumulation de dommages à l'ADN (Matheu et al., 2007 ; Rufini, Tucci, Celardo, & Melino, 2013 ; Y. Suh & Vijg, 2006). L'écart observé entre les estimations OLS et Kiviet/GMM révèle le rôle atténuant des effets fixes sur le paramètre de l'âge, suggérant un environnement ou une horloge biologique favorable à la dimension physiologique du vieillissement réussi (Gardner et al., 2013 ; Rodríguez-Rodero et al., 2011).

Toujours en conformité avec la littérature existante (Dalle Carbonare et al., 2009; Payette et al., 2011; Penninx et al., 1998; Raji et al., 2002), la présente analyse empirique expose l'effet contemporain de la santé mentale sur le fonctionnement des membres inférieurs et supérieurs. L'impact négatif observé corrobore les anticipations du modèle mathématique élaboré, où l'effet de la dépression est principalement transmis par l'intermédiaire du paramètre de perception subjective (Papousek & Schuster, 2008; Schneider et al., 2004; Vaccaro et al., 2017; Yardley & Rice, 1991).³⁶ Le déclin cognitif diminue également la performance physique des aînés, en cohérence avec les études longitudinales existantes (Atkinson et al., 2010; Inzitari et al., 2007; Payette et al., 2011; Tabbarah et al., 2002). Mentionnons que la forme théorique proposée situe les capacités cognitives à l'intérieur des stratégies d'optimisation/compensation, capturant par le fait même l'effet positif et indirect du niveau de scolarité (Evans et al., 1993; Freund & Baltes, 2002; R. S. Wilson et al., 2009).³⁷ Les résultats empiriques dévoilent de plus l'impact positif de l'autonomie et de l'exercice physique de la vie quotidienne, où le développement des capacités fonctionnelles dans les AVQ et la simple activité de promenade extérieure atténuent significativement les effets de l'âge sur la mobilité fonctionnelle. L'accomplissement de tâches domestiques lourdes favorise à son tour le fonctionnement des membres inférieurs, ainsi que la force quadriceps des aînés. Ces derniers constats sont en concordance avec les travaux antérieurs portant sur le fardeau des morbidités/incapacités et la pratique d'activité physique (Dalle Carbonare et al., 2009; Payette et al., 2011; Raji et al., 2002; Seeman et al., 1994; Wang et al., 2002). L'impact négatif du risque nutritionnel sur le fonctionnement des membres supérieurs est enfin exposé, capturant en partie l'effet de la diète observé dans la littérature gérontologique existante (Payette et al., 2011; Seeman et al., 1994).

36. Voir équation (18).

37. Voir équations (13)-(14).

À des fins de prospection, un seuil de signification établi à 25% est également considéré. Rappelons que la présente analyse dynamique demeure particulièrement sévère à l'égard des variables explicatives du modèle, où l'effet contemporain des régresseurs est conditionné sur l'historique entier des individus âgés. L'approche quantitative utilisée accroît de plus la probabilité d'erreur de type II, justifiant à son tour l'intervalle de confiance exploratoire proposé. Les résultats prospectifs suggèrent un lien négatif entre le tabagisme et la performance des membres supérieurs, ce qui est cohérent avec la littérature gérontologique étudiant l'impact des habitudes de vie sur la performance physique (Wang et al., 2002). Les résultats exploratoires suggèrent également une causalité négative entre le risque nutritionnel et le fonctionnement des membres inférieurs, où il est possible qu'une augmentation du score DNA exerce un effet négatif sur la performance au test TUG. Les résultats prospectifs suggèrent de plus un lien négatif entre la dépendance fonctionnelle et la performance physique des aînés, où il est possible qu'une diminution des fonctions AIVQ ou de communication entraîne une diminution de la performance au test de force biceps et au test de leviers de chaise, respectivement. Ce dernier constat exploratoire est cohérent avec les anticipations théoriques du modèle mathématique proposé, où la diminution des capacités fonctionnelles augmente le coût non-matériel du temps et, par le fait même, le coût marginal du capital de santé physique.³⁸ L'analyse des données NuAge expose enfin la sensibilité de l'approche GMM face au phénomène de multicolinéarité, de même que le défi analytique de satisfaire au critère de spécification générale.

38. Voir équations (15)-(16).

Forces et limites de la recherche

En dette intellectuelle envers les travaux de Grossman (1972a, 1972b, 2000), la présente étude se fonde sur les conditions de premier ordre qui définissent un programme de maximisation de l'utilité sous contrainte. Cette transparence mathématique favorise la robustesse et la reproductibilité des résultats empiriques (Bengtson et al., 1997; Bengtson, Gans, Putney, & Silverstein, 2009), où l'argumentation théorique cible un idéal type à atteindre sans toutefois exclure les parcours de vieillissement avec incapacités. L'approche à information limitée (GMM) retenue offre pour sa part une grande flexibilité d'action face aux problématiques de la recherche quantitative gérontologique, où le choix d'instruments en niveau et d'échantillons non-balancés optimise l'efficacité des estimations convergentes et non-biaisées obtenues (Arellano, 1989; Baltagi, 2005; Kiviet, 1995). L'utilisation de variables objectives, standardisées et adaptées à la vieillesse minimise de plus les sources d'erreur possibles, variables dont les propriétés métrologiques supérieures et la qualité du suivi temporel (faible attrition sélective, suivi stable et rapproché) permettent de capturer les changements subtils qui accompagnent un haut degré de fonctionnement (Elam et al., 1991; Guralnik et al., 1989; Rubenstein, Schairer, Wieland, & Kane, 1984). Enfin, la dimension longitudinale de l'étude NuAge (quatre vagues de données) permet de valider la spécification générale des modèles de régression retenus.

Certaines limites de la recherche se doivent d'être abordées. D'une part, le modèle mathématique élaboré isole la personne âgée de son milieu de vie. La littérature gérontologique existante démontre l'importance de l'environnement immédiat sur la qualité de vie des aînés, ces derniers souhaitant généralement vieillir à domicile et dans leur communauté (Bigonnesse, Beaulieu, & Garon, 2014; Fitzgerald & Caro, 2014; Golant, 1992). D'autre part, l'individu évolue à l'intérieur

d'une représentation théorique dépourvue de toute incertitude. Cette hypothèse simplificatrice tend à minimiser le risque associé au vieillissement pathologique et fragile, sous-estimant par le fait même la valeur réelle du capital de santé physique (Grossman, 2000). Sur le plan empirique, la nature et les causes du phénomène d'attrition demeurent largement inexplorées. L'objectif de recherche étant axé sur l'estimation des paramètres d'intérêt, l'absence de biais observée représente un constat scientifique non-généralisable et non-exhaustif du problème de sélection chez les participants âgés. De plus, certaines limites sont issues de la base de données secondaires utilisée. Notamment, le nombre de vagues disponibles ne permet pas de vérifier l'hypothèse fondamentale d'indépendance des erreurs différenciées (Arellano & Bond, 1991). De même, le suivi longitudinal est insuffisant à l'élaboration et à la validation de structures d'erreur plus complexes. La dimension transversale contraint pour sa part le niveau d'analyse possible, où les estimateurs GMM appliqués à des sous-échantillons NuAge se sont avérés instables et non-concluants. De plus, la composition de l'étude NuAge ne permet pas l'analyse des différents groupes ethniques et culturels. Enfin, l'absence de consensus scientifique face aux standards de vieillissement réussi limite la représentativité des données empiriques utilisées. Cette dernière faiblesse est toutefois minimisée par le plan d'échantillonnage de l'étude NuAge (échantillon aléatoire stratifié par l'âge et le sexe), de même que la validité/efficacité démontrée des estimateurs non-pondérés utilisés (Solon et al., 2013; Wooldridge, 1999).

Retombées et développements futurs

Trois retombées scientifiques importantes peuvent être discutées. En premier lieu, le cadre mathématique élaboré facilite l'organisation conceptuelle des déterminants de la santé physique chez les aînés. L'extension théorique proposée élargit le champ d'application du modèle de Grossman au domaine du

vieillesse, où la perception subjective des coûts et du bien-être, les stratégies d'adaptation SOC, la dynamique intertemporelle du changement et la dimension non-monnaire du temps sont originellement introduites dans le modèle de capital humain. En second lieu, le modèle autorégressif proposé ouvre une voie de recherche alternative à l'étude de la réserve physiologique chez la population âgée. La capacité de réserve physiologique demeure une variable difficilement quantifiable à l'échelle d'une analyse populationnelle, soulevant de nombreuses questions éthiques et méthodologiques (Whitson et al., 2016). En troisième lieu, cette recherche doctorale présente une solution analytique formelle aux phénomènes d'attrition sélective et d'endogénéité statistique qui accompagnent la recherche longitudinale sur le vieillissement. Le modèle de sélection non-aléatoire proposé par Wooldridge (2002, chap. 17) est explicitement introduit dans la littérature gérontologique quantitative, un effort de robustesse visant à minimiser les biais d'estimation possibles.

Sur le plan clinique, les résultats originaux obtenus sont susceptibles de renforcer les politiques publiques fondées sur la responsabilisation individuelle et sociale. L'approche dynamique proposée permet de dégager l'effet récursif et contemporain des facteurs de risque/prévention, ciblant les conditions à mettre en place afin de maintenir ou d'accroître la santé physique des aînés dans un horizon de court et de long terme. La présente analyse empirique démontre qu'une attention particulière devrait être portée à la promotion de saines habitudes de vie, de même qu'au dépistage précoce de la dépression, des troubles cognitifs, du risque nutritionnel et de la dépendance fonctionnelle. La résilience physique occupe un rôle d'importance dans le processus de vieillissement réussi, et la présente étude rend possible la quantification de l'impact des différentes mesures socioéconomiques déployées à cette fin.

Plusieurs pistes de recherche découlent de cette étude doctorale. Dans un premier temps, la disponibilité de données sur les membres du ménage permettrait d'enrichir le modèle d'une dimension dyadique. La satisfaction individuelle est effectivement tributaire des interactions avec les proches (Bolin et al., 2001, 2002), ces derniers pouvant également servir de points de référence ou de comparaison (Abel, 1990 ; Muellbauer, 1998). Dans un deuxième temps, le concept d'incertitude constitue une voie de recherche féconde et prometteuse du vieillissement réussi. Grossman (1970, 1972a) suggère le postulat d'un taux de dépréciation biologique tiré d'une distribution de probabilité, une approche stochastique inexplorée et susceptible de conduire à la dérivation d'une équation structurelle de la demande de santé physique. Dans un troisième temps, l'accessibilité accrue à des données longitudinales populationnelles de grande qualité est porteuse de développements scientifiques futurs.³⁹ Une dimension longitudinale supérieure à quatre vagues de données permettra notamment l'élaboration et la validation de modèles dynamiques avec erreurs autorégressives, tout en favorisant la quantité d'instruments disponibles. En complémentarité, une dimension transversale construite à une échelle populationnelle permettra la réalisation d'analyses comparatives rigoureuses (hommes/femmes, groupes d'âge...), tout en réduisant la présence de multicolinéarité et en maximisant les propriétés asymptotiques de l'approche GMM. Enfin, la perspective holistique de l'approche SEM offre de nombreuses possibilités de recherches originales sur le vieillissement. La modélisation non-réursive est particulièrement adaptée au concept pluridimensionnel de réussite, ouvrant la voie à l'extension théorique du modèle de Grossman et à l'étude des interrelations complexes (directes, indirectes, simultanées) qui caractérisent la vieillesse.

39. Citons, sans être exhaustif, l'Étude longitudinale canadienne sur le vieillissement (ÉLCV) qui a débuté le premier suivi triennal de sa cohorte initiale (50 000 participants), ainsi que la *English Longitudinal Study of Ageing (ELSA)* qui propose à ce jour trois vagues quadriennales de données standardisées (7 000 participants). Citons également la *Health and Retirement Study (HRS)*, composée à ce jour de trois vagues biennales de données sur l'ensemble des participants.

Conclusion

Unifiant le savoir des sciences économiques et de la recherche gérontologique, la présente étude doctorale propose une piste de solution viable au dualisme de la modélisation [réductionniste] du processus [complexe] de vieillissement réussi. Un lien analytique formel est établi entre les étapes de théorisation et de validation quantitative, où les bases conceptuelles de la théorie intégrative SPF-SA (Steverink et al., 1998), de l'approche microéconomique néo-classique et des principales théories biopsychosociales du vieillissement réussi sont originalement réunies dans un même construit. Ce cadre interdisciplinaire assure la cohérence interne de l'objet mathématique élaboré, une approche structurelle fondée sur l'extension du modèle de capital humain (Grossman, 1972a, 1972b) à une population d'individus âgés. Une équation théorique de la demande de santé physique est conséquemment dérivée, où il est démontré l'effet de persistance intertemporelle associé à la performance physique, l'impact négatif de l'avancée en âge, le fardeau des incapacités fonctionnelles, le rôle de la perception subjective, l'impact des habitudes de vie, l'importance des stratégies cognitives adaptatives et l'impact des caractéristiques individuelles propres à chacun (patrimoine génétique, personnalité, habiletés, parcours de vie...).

Sur le plan empirique, l'approche privilégiée aborde formellement les problèmes d'attrition et d'endogénéité qui accompagnent la recherche quantitative longitudinale sur le vieillissement réussi. Le modèle de sélection non-aléatoire proposé par Wooldridge (2002, chap. 17) est appliqué aux données standardisées de l'étude populationnelle NuAge, où le contrôle de l'hétérogénéité interindividuelle expose la capacité de réserve physiologique chez les aînés et l'effet réel des déterminants contemporains de la santé physique. Les résultats les plus saillants dévoilent un niveau élevé de résilience pour l'ensemble des variables objectives de force (préhension, biceps, quadriceps) et de mobilité (levers de chaise, TUG, marche) étudiées, une persistance intertemporelle caractérisée par l'importance

relative d'effets fixes inobservés tels que l'hérédité, la personnalité et les aptitudes. Les mesures de levers de chaise, TUG et de marche normale affichent pour leurs parts une réserve physiologique nettement inférieure aux variables de force, suggérant un risque de fragilité accru au niveau de la mobilité fonctionnelle. Le phénomène d'hétérogénéité inobservée exerce également une action atténuante sur les effets négatifs de l'âge chronologique, suggérant à son tour un environnement ou une génétique favorable à la dimension physiologique du vieillissement réussi. Les résultats obtenus démontrent enfin qu'une attention particulière devrait être portée à la promotion de saines habitudes de vie, de même qu'au dépistage précoce de la dépression, des troubles cognitifs, du risque nutritionnel et de la dépendance fonctionnelle.

En conclusion, cette thèse doctorale atteint les objectifs de recherche qu'elle s'est fixés. Le modèle élaboré pose les premières bases théoriques et mathématiques d'une représentation SEM du vieillissement réussi, où les choix décisionnels et la capacité d'adaptation des aînés sont à l'avant plan des développements scientifiques suggérés. Une analyse quantitative à la fine pointe des connaissances économétriques appuie ce processus de théorisation, exposant le caractère dynamique, multidimensionnel et hautement hétérogène de la composante physiologique du vieillissement réussi. La présente étude propose un espace formel d'intégration et de consolidation du savoir gérontologique, un espace interdisciplinaire où l'individu âgé est l'acteur principal de la réussite de son vieillissement.

Références

- Abel, A. B. (1990). Asset prices under habit formation and catching up with the Joneses. *American Economic Review*, 80, 38-42.
- Achenbaum, A. W., & Bengtson, V. L. (1994). Re-engaging the disengagement theory of aging : On the history and assessment of theory development in gerontology. *The Gerontologist*, 34(4), 756-763.
- Acton, J. P. (1975). Non-monetary factors in the demand for medical services : Some empirical evidence. *Journal of Political Economy*, 83(3), 595-614.
- Acton, J. P. (1976). Demand for health care among the urban poor, with special emphasis on the role of time. In R. Rosett (Ed.), *The role of health insurance in the health services sector*. New York : Columbia University Press for the NBER.
- Alfaro-Acha, A., Al Snih, S., Raji, M. A., Markides, K. S., & Ottenbacher, K. J. (2007). Does 8-foot walk time predict cognitive decline in older Mexican Americans? *Journal of the American Geriatrics Society*, 55(2), 245-251.
- Alley, D. E., Putney, N. M., Rice, M., & Bengtson, V. L. (2010). The increasing use of theory in social gerontology : 1990-2004. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 65(5), 583-590.
- Allport, G. W. (1961). *Pattern and growth in personality*. New York : Holt, Rinehart & Winston.
- Alonso-Carrera, J., Caballé, J., & Raurich, X. (2005). Growth, habit formation, and catching-up with the Joneses. *European Economic Review*, 49(6), 1665-1691.
- Arellano, M. (1989). A note on the Anderson-Hsiao estimator for panel data. *Economics Letters*, 31, 337-341.
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data : Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review of Economic Studies*, 58, 277-297.
- Arellano, M., & Bover, O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of Econometrics*, 68(1), 29-51.
- Atchley, R. C. (1971). Retirement and leisure participation : Continuity or crisis? *The Gerontologist*, 11, 13-17.
- Atchley, R. C. (1987). *Aging : Continuity and change*. Belmont, CA : Wadsworth Publishing Co.
- Atchley, R. C. (1989). A continuity theory of normal aging. *The Gerontologist*, 29(2), 183-190.
- Atchley, R. C. (1991). *Social forces and aging : An introduction to social gerontology* (6^e éd.). Belmont, CA : Wadsworth Publishing Co.
- Atchley, R. C. (1999). *Continuity and adaptation in aging : Creating positive experiences*. Baltimore : The John Hopkins University Press.
- Atkinson, H. H., Cesari, M., Kritchevsky, S. B., Penninx, B. W., Fried, L. P., Guralnik, J. M., & Williamson, J. D. (2005). Predictors of combined cognitive and physical decline. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(7),

1197-1202.

- Atkinson, H. H., Rapp, S. R., Williamson, J. D., Lovato, J., Absher, J. R., Gass, M., . . . Espeland, M. A. (2010). The relationship between cognitive function and physical performance in older women : Results from the women's health initiative memory study. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, *65*(3), 300-306.
- Babin, B. J., & Svensson, G. (2012). Structural equation modeling in social science research : Issues of validity and reliability in the research process. *European Business Review*, *24*(4), 320-330.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric analysis of panel data* (3^e éd.). Chichester : John Wiley & Sons, Ltd.
- Baltagi, B. H., Bresson, G., & Pirotte, A. (2003). Fixed effects, random effects or hausman-taylor ? : A pretest estimator. *Economics Letters*, *79*(3), 361-369.
- Baltes, M. M., & Baltes, P. B. (1982). Microanalytic research on environmental factors and plasticity in psychological aging. In T. M. Field, A. Huston, H. C. Quay, C. Troll, & G. E. Finley (Eds.), *Review of human development* (p. 524-539). New York : Wiley.
- Baltes, M. M., & Carstensen, L. L. (1996). The process of successful ageing. *Ageing and Society*, *16*, 397-422.
- Baltes, P. B. (1968). Longitudinal and cross-sectional sequences in the study of age and generation effects. *Human Development*, *11*(3), 145-171.
- Baltes, P. B. (1993). The aging mind : Potential and limits. *The Gerontologist*, *33*(5), 580-594.
- Baltes, P. B., & Baltes, M. M. (1980). Plasticity and variability in psychological aging : Methodological and theoretical issues. In G. E. Gurski (Ed.), *Determining the effect of aging on the central nervous system* (p. 41-66). Berlin : Schering.
- Baltes, P. B., & Baltes, M. M. (1990). Psychological perspectives on successful aging : The model of selective optimization with compensation. In P. B. Baltes & M. M. Baltes (Eds.), *Successful aging : Perspectives from the behavioral sciences* (p. 1-34). New York : Cambridge University Press.
- Baltes, P. B., Baltes, M. M., Freund, A. M., & Lang, F. R. (1995). *Measurement of selective optimization with compensation by questionnaire*. Berlin : Max Planck Institute for Human Development.
- Baltes, P. B., & Kliegl, R. (1992). Further testing the limits of cognitive plasticity : Negative age differences in mnemonic skill are robust. *Developmental Psychology*, *28*, 121-125.
- Baltes, P. B., & Lindenberger, U. (1988). On the range of cognitive plasticity in old age as a function of experience : 15 years of intervention research. *Behavior Therapy*, *19*, 283-300.
- Baltes, P. B., & Schaie, K. W. (1976). On the plasticity of intelligence in adulthood and old age : Where Horn and Donaldson fail. *American Psychologist*, *31*, 720-725.
- Barulli, D., & Stern, Y. (2013). Efficiency, capacity, compensation, maintenance, plasticity : Emerging concept in cognitive reserve. *Trend in Cognitive*

- Sciences*, 17(10), 502-509.
- Bassuk, S. S., & Murphy, J. M. (2003). Characteristics of the Modified Mini-Mental State Exam among elderly persons. *Journal of Clinical Epidemiology*, 56(7), 622-628.
- Becker, G., & Newsom, E. (2005). Resilience in the face of serious illness among chronically ill African Americans in later life. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 60(4), S214-S223.
- Becker, G. S. (1965). A theory of the allocation of time. *Economic Journal*, 75, 493-517.
- Ben-Avraham, D., Muzumdar, R. H., & Atzmon, G. (2012). Epigenetic genome-wide association methylation in aging and longevity. *Epigenomics*, 4(5), 503-509.
- Bengtson, V. L., Burgess, E. O., & Parrott, T. M. (1997). Theory, explanation, and a third generation of theoretical development in social gerontology. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 52(2), S72-S88.
- Bengtson, V. L., Gans, D., Putney, N. M., & Silverstein, M. (2009). Theories about age and aging. In V. L. Bengtson, D. Gans, N. M. Putney, & M. Silverstein (Eds.), *Handbook of theories of aging* (2^e éd., p. 3-24). New York : Springer.
- Bengtson, V. L., Rice, C. J., & Johnson, M. L. (1999). Are theories of aging important? Models and explanations in gerontology at the turn of the century. In V. L. Bengtson & K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of theories of aging* (2^e éd., p. 3-20). New York : Springer.
- Bergman, H., Béland, F., & Perrault, A. (2002). The global challenge of understanding and meeting the needs of the frail older population. *Aging Clinical and Experimental Research*, 14(4), 223-225.
- Bigonnesse, C., Beaulieu, M., & Garon, S. (2014). Meaning of home in later life as a concept to understand older adults' housing needs : Results from the 7 Age-Friendly Cities pilot project in Québec. *Journal of Housing for the Elderly*, 28(4), 357-382.
- Binder, M., Hsiao, C., & Pearsan, M. H. (2005). Estimation and inference in short panel vector autoregressions with unit roots and cointegration. *Econometric Theory*, 21, 795-837.
- Birren, J. E., & Renner, V. (1977). Research on the psychology of aging : Principles and experimentation. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (p. 3-38). New York : Van Nostrand Reinhold.
- Bland, R. C., & Newman, S. C. (2001). Mild dementia or cognitive impairment : the Modified Mini-Mental State Examination (3MS) as a screen for dementia. *Canadian Journal of Psychiatry*, 46(6), 506-510.
- Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87(1), 115-143.
- Blundell, R., Bond, S., & Windmeijer, F. (2000). *Estimation in dynamic panel data models : Improving on the performance of the standard GMM estima-*

- tor. Working Papers W00/12, Institute for Fiscal Studies, London, UK.
- Bohannon, R. W. (1986). Test-retest reliability of hand-held dynamometry during a single session of strength assessment. *Physical Therapy*, *66*(2), 206-209.
- Bohannon, R. W. (2008). Hand-grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, *31*(1), 3-10.
- Bolger, N., & Schilling, E. (1991). Personality and the problems of everyday life : The roles of neuroticism in exposure and reactivity to daily stressors. *Journal of Personality*, *59*, 355-386.
- Bolin, K., Jacobson, L., & Lindgren, B. (2001). The family as the health producer—when spouses are Nash-bargainers. *Journal of Health Economics*, *20*, 349-362.
- Bolin, K., Jacobson, L., & Lindgren, B. (2002). The family as the health producer—when spouses act strategically. *Journal of Health Economics*, *21*, 475-495.
- Bonanno, G. A., Wortman, C. B., Lehman, D. R., Tweed, R. G., Haring, M., Sonnega, J., . . . Nesse, R. M. (2002). Resilience to loss and chronic grief : A prospective study from preloss to 18-months postloss. *Journal of Personality and Social Psychology*, *83*(5), 1150-1164.
- Bond, S., & Windmeijer, F. (2002). *Finite sample inference for GMM estimators in linear panel data models*. CEMMAP Working Paper No. CWP04/02, Institute for Fiscal Studies, London.
- Booth, M. L., Bauman, A., Owen, N., & Gore, C. J. (1997). Physical activity preferences, preferred sources of assistance, and perceived barriers to increased activity among physically inactive Australians. *Preventive Medicine*, *26*(1), 131-137.
- Bortz 2nd, W. M. (1993). The physics of frailty. *Journal of the American Geriatrics Society*, *41*(9), 1004-1008.
- Botwinick, J. (1977). Intellectual abilities. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (p. 580-605). New York : Van Nostrand Reinold.
- Bourque, P., Blanchard, L., & Vézina, J. (1990). Étude psychométrique de l'Échelle de dépression gériatrique. *La revue canadienne du vieillissement*, *9*(4), 348-355.
- Bowling, A. (2007). Aspirations for older age in the 21st century : What is successful aging? *International Journal of Aging & Human Development*, *64*(3), 263-297.
- Bowman, S. A., Lino, M., Gerrior, S. A., & Basiotis, P. P. (1998). *The Healthy Eating Index : 1994-96*. Washington, DC : US Department of Agriculture, Center for Nutrition Policy and Promotion ; 1998. Publication No. CNPP-5.
- Boyle, P. A., Buchman, A. S., Wilson, R. S., Leurgans, S. E., & Bennett, D. A. (2009). Association of muscle strength with the risk of Alzheimer disease and the rate of cognitive decline in community-dwelling older persons. *Archives of Neurology*, *66*(11), 1339-1344.
- Bradburn, N. M. (1969). *The structure of psychological well-being*. Chicago :

Aldine.

- Brandtstädter, J., & Baltes-Götz, B. (1990). Personal control over development and quality of life perspectives in adulthood. In *Successful aging : Perspective from the behavioral sciences* (p. 197-224). New York : Cambridge University Press.
- Brandtstädter, J., & Greve, W. (1994). The aging self : Stabilizing and protective processes. *Developmental Review, 14*, 52-80.
- Brandtstädter, J., & Renner, G. (1990). Tenacious goal pursuit and flexible goal adjustment : Explication and age-related analysis of assimilative and accommodative strategies of coping. *Psychology and Aging, 5*, 58-67.
- Brandtstädter, J., Wentura, D., & Greve, W. (1993). Adaptive resources of the aging self : Outlines of an emergent perspective. *International Journal of Behavioral Development, 16*, 323-349.
- Bravo, G., & Hébert, R. (1997). Reliability of the Modified Mini-Mental State Examination in the context of a two-phase community prevalence study. *Neuroepidemiology, 16*(3), 141-148.
- Brayne, C., & Calloway, P. (1990). The association of education and socioeconomic status with the Mini Mental State Examination and the clinical diagnosis of dementia in elderly people. *Age and Ageing, 19*(2), 91-96.
- Brehmer, V., Li, S. C., Müller, V., Von Oertzen, T., & Lindenberger, U. (2007). Memory plasticity across the life span : Uncovering children's latent potential. *Developmental Psychology, 43*, 465-478.
- Brink, T. L., Yesavage, J. A., Lum, O., Heersema, P., Adey, M., & Rose, T. L. (1982). Screening test for geriatric depression. *Clinical Gerontologist, 1*, 37-44.
- Brooks-Wilson, A. R. (2013). Genetics of healthy aging and longevity. *Human Genetics, 132*(12), 1323-1338.
- Brown, S. R., Newey, W. K., & May, S. (1999). *Efficient bootstrapping for GMM*. mimeo, MIT.
- Bruno, G. S. F. (2005a). Approximating the bias of the LSDV estimator for dynamic unbalanced panel data models. *Economics Letters, 87*, 361-366.
- Bruno, G. S. F. (2005b). Estimation and inference in dynamic unbalanced panel-data models with small number of individuals. *The Stata Journal, 5*(4), 473-500.
- Burgess, W. (1960). *Aging in western societies*. Chicago : University of Chicago Press.
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005). *Microeconometrics : Methods and applications*. New York : Cambridge University Press.
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2010). *Microeconometrics using Stata : Revised edition*. Texas : Stata Press.
- Campbell, A., Converse, P., & Rodgers, W. (1976). *The quality of american life*. New York : Russell Sage Foundation.
- Campbell, A. J., & Buchner, D. M. (1997). Unstable disability and the fluctuations of frailty. *Age and Ageing, 26*(4), 315-318.
- Campbell, R. T., & O'Rand, A. M. (1988). Settings and sequences : The heuristics

- of aging research. In J. E. Birren & V. L. Bengtson (Eds.), *Emergent theories of aging : Psychological and social perspectives on time, self and society* (p. 58-82). New York : Springer.
- Carmelli, D., Kelly-Hayes, M., Wolf, P. A., Swan, G. E., Jack, L. M., Reed, T., & Guralnik, J. M. (2000). The contribution of genetic influences to measures of lower-extremity function in older male twins. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, *55*(1), B49-B53.
- Carro, J. M., & Traferri, A. (2009). *Correcting the bias in the estimation of a dynamic ordered probit with fixed effects of self-assessed health status*. UC3M Working paper 09-21, Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Economía.
- Carro, J. M., & Traferri, A. (2014). State dependence and heterogeneity in health using a bias corrected fixed-effects estimator. *Journal of Applied Econometrics*, *29*(2), 181-207.
- Case, A., & Deaton, A. S. (2005). Broken down by work and sex : How our health declines. In D. A. Wise (Ed.), *Analysis in the economics of aging* (p. 185-212). Chicago : The University of Chicago Press.
- Caspi, A., Roberts, B. W., & Shiner, R. L. (2005). Personality development : Stability and change. *Annual Review of Psychology*, *56*, 453-484.
- Catell, R. B. (1971). *Abilities : Their structure, growth, and action*. Boston : Houghton Mifflin.
- Chang, F. (1996). Uncertainty and investment in health. *Journal of Health Economics*, *15*, 369-376.
- Chatfield, M. D., Brayne, C. E., & Matthews, F. E. (2005). A systematic literature review of attrition between waves in longitudinal studies in the elderly shows a consistent pattern of dropout between differing studies. *Journal of Clinical Epidemiology*, *58*, 13-19.
- Chiasson, N., Dubé, L., & Blondin, J. (1996). Happiness : A look into the folk psychology of four cultural groups. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, *27*, 673-691.
- Chin A Paw, M. J., Dekker, J. M., Feskens, E. J., Schouten, E. G., & Kromhout, D. (1999). How to select a frail elderly population ? A comparison of three working definitions. *Journal of Clinical Epidemiology*, *52*(11), 1015-1021.
- Cho, J., Martin, P., & Poon, L. W. (2015). Successful aging and subjective well-being among oldest-old adults. *The Gerontologist*, *55*(1), 132-143.
- Chou, K. L., & Chi, I. (2002). Financial strain and life satisfaction in hong kong elderly chinese : Moderating effect of life management strategies including selection, optimization, and compensation. *Aging & Mental Health*, *6*, 172-177.
- Christensen, H., Mackinnon, A. J., Korten, A. E., Jorm, A. F., Henderson, A. S., Jacomb, P., & Rodgers, B. (1999). An analysis of diversity in the cognitive performance of elderly community dwellers : Individual differences in change scores as a function of age. *Psychology and Aging*, *14*(3), 365-379.
- Christensen, K., McGue, M., Yashin, A., Iachine, I., Holm, N. V., & Vaupel, J. W. (2000). Genetic and environmental influences on functional abilities

- in Danish twins aged 75 years and older. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(8), M446-M452.
- Chu, L. W., Chi, I., & Chiu, A. Y. (2005). Incidence and predictors of falls in the chinese elderly. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, 34(1), 60-72.
- Cohen-Mansfield, J., Marx, M. S., & Guralnik, J. M. (2003). Motivators and barriers to exercise in an older community-dwelling population. *Journal of Aging and Physical Activity*, 11, 242-253.
- Cole, M. G., & Dendukuri, N. (2003). Risk factors for depression among elderly community subjects : A systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Psychiatry*, 160(6), 1147-1156.
- Contoyannis, P., Jones, A. M., & Rice, N. (2004a). The dynamics of health in the British Household Panel Survey. *Journal of Applied Econometrics*, 19, 473-503.
- Contoyannis, P., Jones, A. M., & Rice, N. (2004b). Simulation-based inference in dynamic panel probit models : An application to health. *Empirical Economics*, 29(1), 49-77.
- Cooper, R., Kuh, D., Cooper, C., Gale, C. R., Lawlor, D. A., Matthews, F., & Hardy, R. (2011). Objective measures of physical capability and subsequent health : A systematic review. *Age and Ageing*, 40(1), 14-23.
- Cooper, R., Kuh, D., & Hardy, R. (2010). Objectively measured physical capability levels and mortality : Systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 341. doi: doi:10.1136/bmj.c4467
- Cosco, T. D., Prina, A. M., Perales, J., Stephan, B. C. M., & Brayne, C. (2014). Operational definitions of successful aging : A systematic review. *International Psychogeriatrics*, 26(3), 373-381.
- Cress, M. E., Schechtman, K. B., Mulrow, C. D., Fiatarone, M. A., Gerety, M. B., & Buchner, D. M. (1995). Relationship between physical performance and self-perceived physical function. *Journal of the American Geriatrics Society*, 43(2), 93-101.
- Cropper, M. L. (1977). Health, investment in health, and occupational choice. *Journal of Political Economy*, 85(6), 1273-1294.
- Cropper, M. L. (1981). Measuring the benefits from reduced morbidity. *The American Economic Review*, 71(2), 235-240.
- Cullen, K., & Moran, R. (1992). *Technology and the elderly : The role of technology in prolonging the independence of the elderly in the community care context*. Luxembourg : Commission of the European Communities, FAST research report.
- Cumming, E. (1963). Further thoughts on the theory of disengagement. *International Social Science Journal*, 15(3), 377-393.
- Cumming, E., Dean, L. R., & Newell, D. S. (1960). Disengagement : A tentative theory of aging. *Sociometry*, 23(1), 23-35.
- Cumming, E., & Henry, W. E. (1961). *Growing old : The process of disengagement*. New York : Basic Books.
- Cutler, S. J. (1977). Aging and voluntary association participation. *Journal of*

- Gerontology*, 32, 470-479.
- Cutler, S. J. (1995). The methodology of social scientific research in gerontology : Progress and issues. *Journal of Gerontology : Social Sciences*, 50B, S63-S64.
- Dalle Carbonare, L., Maggi, S., Noale, M., Giannini, S., Rozzini, R., Lo Cascio, V., & Crepaldi, G. (2009). Physical disability and depressive symptomatology in an elderly population : A complex relationship. The Italian Longitudinal Study on Aging (ILSA). *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 17(2), 144-154.
- Dannefer, D. (1988). What's in a name? An account of the neglect of variability in the study of aging. In J. E. Birren & V. L. Bengtson (Eds.), *Emergent theories of aging* (p. 356-384). New York : Springer.
- Dardanoni, V. (1986). A note on a simple model of health investment [on the concept of health capital and the demand for health]. *Bulletin of Economic Research*, 38(1), 97-100.
- Dardanoni, V., & Wagstaff, A. (1987). Uncertainty, inequalities in health and the demand for health. *Journal of Health Economics*, 6, 283-290.
- Dardanoni, V., & Wagstaff, A. (1990). Uncertainty and the demand for medical care. *Journal of Health Economics*, 9, 23-38.
- Dato, S., De Rango, F., Crocco, P., Passarino, G., & Rose, G. (2015). Antioxidants and quality of aging : Further evidences for a major role of TXNRD1 gene variability on physical performance at old age. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2015, 1-7.
- Deeg, D. J., van Tilburg, T., Smit, J. H., & de Leeuw, E. D. (2002). Attrition in the Longitudinal Aging Study Amsterdam. The effect of differential inclusion in side studies. *Journal of Clinical Epidemiology*, 55(4), 319-328.
- De Neve, J. E., Christakis, N. A., Fowler, J. H., & Frey, B. S. (2012). Genes, economics, and happiness. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, 5(4), 193-211.
- DeNeve, K. M., & Cooper, H. (1998). The happy personality : A meta-analysis of 137 personality traits and subjective well-being. *Psychological Bulletin*, 124, 197-229.
- Depp, C. A., & Jeste, D. V. (2006). Definitions and predictors of successful aging : A comprehensive review of larger quantitative studies. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 14(1), 6-20.
- Desaulniers, G., & Villeneuve, D. (2000). The shortest path problem with time windows and linear waiting costs. *Transportation Science*, 34(3), 312-319.
- Desrosiers, J., Bravo, G., Hébert, R., & Dubuc, N. (1995). Reliability of the revised functional autonomy measurement system (SMAF) for epidemiological research. *Age and Ageing*, 24(5), 402-406.
- Desrosiers, J., Bravo, G., Hébert, R., & Dutil, E. (1995). Normative data for grip strength of elderly men and women. *The American Journal of Occupational Therapy*, 49(7), 637-644.
- Desrosiers, J., Hébert, R., Bravo, G., & Dutil, E. (1995). Comparison of the Jamar dynamometer and the Martin vigorimeter for grip strength measurements

- in a healthy elderly population. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 27(3), 137-143.
- Desrosiers, J., Rochette, A., Payette, H., Grégoire, L., Boutier, V., & Lazowski, D. A. (1998). Upper extremity isometric strength measurement using the belt-resisted method : Reliability study with healthy elderly people. *Canadian Journal of Rehabilitation*, 11(3), 149-155.
- Diener, E. (1984). Subjective well-being. *Psychological Bulletin*, 95, 542-575.
- Dubois, S., & Boivin, J. F. (1990). Accuracy of telephone dietary recalls in elderly subjects. *Journal of the American Dietetic Association*, 90(12), 1680-1687.
- Ehrlich, I., & Chuma, H. (1990). A model of the demand for longevity and the value of life extension. *Journal of Political Economy*, 98(4), 761-782.
- Elam, J. T., Graney, M. J., Beaver, T., el Derwi, D., Applegate, W. B., & Miller, S. T. (1991). Comparison of subjective ratings of function with observed functional ability of frail older persons. *American Journal of Public Health*, 81(9), 1127-1130.
- Erbsland, M., Ried, W., & Ulrich, V. (1995). Health, health care, and the environment. Econometric evidence from German micro data. *Health Economics*, 4(3), 169-182.
- Erikson, E. (1959). *Identity and the life cycle*. New York : International Universities Press.
- Evans, D. A., Beckett, L. A., Albert, M. S., Hebert, L. E., Scherr, P. A., Funkenstein, H. H., & Taylor, J. O. (1993). Level of education and change in cognitive function in a community population of older persons. *Annals of Epidemiology*, 3(1), 71-77.
- Faulkner, J. A., Davis, C. S., Mendias, C. L., & Brooks, S. V. (2008). The aging of elite male athletes : Age-related changes in performance and skeletal muscle structure and function. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(6), 501-507.
- Fekjaer, H. O. (2013). Alcohol-a universal preventive agent ? A critical analysis. *Addiction*, 108(12), 2051-2057.
- Ferraro, K. F., & Kelley-Moore, J. A. (2003). A half century of longitudinal methods in social gerontology : Evidence of change in the journal. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 58(5), S264-S270.
- Ferri, C., James, I., & Pruchno, R. (2009). Successful aging : Definitions and subjective assessment according to older adults. *Clinical Gerontologist*, 32, 379-388.
- Fess, E. E. (1992). *Grip strength* (2^e éd.). Chicago : American Society of Hand Therapists.
- Fess, E. E., & Moran, C. (1981). *Clinical assessment recommendations*. Indianapolis : American Society of Hand therapists Monograph.
- Fitzgerald, K. G., & Caro, F. G. (2014). An overview of age-friendly cities and communities around the world. *Journal of Aging and Social Policy*, 26, 1-18.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "mini-mental state". a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician.

- Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189-198.
- Fox, J. H. (1982). Perspectives on the continuity perspective. *International Journal of Aging & Human Development*, 14, 97-115.
- Freund, A. M., & Baltes, P. B. (1998). Selection, optimization, and compensation as strategies of life management : Correlations with subjective indicators of successful aging. *Psychology and Aging*, 13, 531-543.
- Freund, A. M., & Baltes, P. B. (1999). Selection, optimization, and compensation as strategies of life management : Correction to Freund and Baltes (1998). *Psychology and Aging*, 14, 700-702.
- Freund, A. M., & Baltes, P. B. (2002). Life-management strategies of selection, optimization, and compensation : Measurement by self-report and construct validity. *Journal of Personality and Social Psychology*, 82, 642-662.
- Fried, L. P., Ferrucci, L., Darer, J., Williamson, J. D., & Anderson, G. (2004). Untangling the concepts of disability, frailty, and comorbidity : Implications for improved targeting and care. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 59(3), 255-263.
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., . . . McBurnie, M. A. (2001). Frailty in older adults : Evidence for a phenotype. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(3), M146-156.
- Fried, L. P., & Walston, J. (2003). Frailty and failure to thrive. In W. R. Hazzard, J. P. Blass, W. H. Ettinger Jr, J. B. Halter, & J. Ouslander (Eds.), *Principles of geriatrics medicine and gerontology* (5^e éd., p. 1487-1502). New York : McGraw-Hill.
- Fry, P. S. (1992). Major social theories of aging and their implications for counseling concepts and practice : A critical review. *Counseling Psychologist*, 20(2), 246-329.
- Fuhrer, J. C. (2000). Habit formation in consumption and its implications for monetary policy models. *American Economic Review*, 90, 367-390.
- Galí, J. (1994). Keeping up with the Joneses : Consumption externalities, portfolio choice, and asset prices. *Journal of Money, Credit, and Banking*, 26(1), 1-8.
- Galama, T. (2011). *A contribution to health capital theory*. Working Paper WR-831, RAND Corporation, Santa Monica, CA.
- Galama, T., Hulleger, P., Meijer, E., & Outcault, S. (2012). Is there empirical evidence for decreasing returns to scale in a health capital model? *Health Economics*, 21, 1080-1100.
- Galama, T., & Kapteyn, A. (2009). *Grossman's missing health threshold*. Working Paper WR-684, RAND Corporation, Santa Monica, CA.
- Galama, T., & Kapteyn, A. (2011). Grossman's missing health threshold. *Journal of Health Economics*, 30(5), 1044-1056.
- Galama, T., Kapteyn, A., Fonseca, R., & Michaud, P. C. (2008). *Grossman's health threshold and retirement*. Working Paper WR-658, RAND Corporation, Santa Monica, CA.
- Galama, T., Kapteyn, A., Fonseca, R., & Michaud, P. C. (2013). A health

- production model with endogeneous retirement. *Health Economics*, *22*, 883-902.
- Gardner, M. P., Martin-Ruiz, C., Cooper, R., Hardy, R., Sayer, A. A., Cooper, C., ... Ben-Shlomo, Y. (2013). Telomere length and physical performance at older ages : An individual participant meta-analysis. *PloS One*, *8*(7), e69526.
- Gaudreau, P., Morais, J. A., Shatenstein, B., Gray-Donald, K., Khalil, A., Dionne, I., & Payette, H. (2007). Nutrition as a determinant of successful aging : Description of the Quebec Longitudinal Study NuAge and results from cross-sectional pilot studies. *Rejuvenation Research*, *10*, 377-386.
- George, L. K. (1995). The last half-century of aging research — and thoughts for the future. *Journal of Gerontology : Social Sciences*, *50B*, S1-S3.
- George, L. K., & Maddox, G. L. (1977). Subjective adaptation to loss of the work role : A longitudinal study. *Journal of Gerontology*, *32*, 456-462.
- Gerdtham, U. G., & Johannesson, M. (1999). New estimates of the demand for health : Results based on a categorical health measure and Swedish micro data. *Social Science and Medicine*, *49*, 1325-1332.
- Gerdtham, U. G., Johannesson, M., Lundberg, L., & Isacson, D. (1999). The demand for health : Results from new measures of health capital. *European Journal of Political Economy*, *15*, 501-521.
- Gignac, M. A., Cott, C., & Badley, E. M. (2002). Adaptation to disability : Applying selective optimization with compensation to the behaviors of older adults with osteoarthritis. *Psychology and Aging*, *17*, 520-524.
- Gjerde, J., Grepperud, S., & Kverndokk, S. (2005). On adaptation and the demand for health. *Applied Economics*, *37*, 1283-1301.
- Glass, T. A. (2003). Assessing the success of successful aging. *Annals of Internal Medicine*, *139*, 382-383.
- Glymour, M. M., Chêne, G., Tzourio, C., & Dufouil, C. (2012). Brain MRI markers and dropout in a longitudinal study of cognitive aging : The Three-City Dijon Study. *Neurology*, *79*(13), 1340-1348.
- Goebel, B. L., & Brown, D. R. (1981). Age differences in motivation related to Maslow's need hierarchy. *Developmental Psychology*, *17*(6), 809-815.
- Golant, S. M. (1992). *Housing america's elderly : Many possibilities/few choices*. Newbury Park, NJ : Sage Publications.
- Goldman, D., Lakdawalla, D., & Zheng, Y. (2009, June). *Food prices and the dynamics of body weight*. Working Paper No. 15096, National Bureau of Economics Research.
- Goldspink, D. F. (2005). Ageing and activity : Their effects on the functional reserve capacities of the heart and vascular smooth and skeletal muscles. *Ergonomics*, *48*, 1334-1351.
- Gravina, S., & Vijg, J. (2010). Epigenetic factors in aging and longevity. *Pflugers Archiv (European Journal of Physiology)*, *459*(2), 247-258.
- Greene, W. H. (2008). *Econometric analysis* (6^e éd.). Upper Saddle River, New Jersey : Pearson Prentice Hall.
- Grossman, M. (1970). *The demand for health : A theoretical and empirical*

- investigation*. Unpublished Ph.D dissertation, Columbia University.
- Grossman, M. (1972a). *The demand for health—A theoretical and empirical investigation*. New York : National Bureau of Economic Research.
- Grossman, M. (1972b). On the concept of health capital and the demand for health. *Journal of Political Economy*, 80(2), 223-255.
- Grossman, M. (1976). The correlation between health and schooling. In N. E. Terleckyj (Ed.), *Household production and consumption* (p. 147-211). New-York : Columbia University Press for the National Bureau of Economic Research.
- Grossman, M. (2000). The human capital model. In A. J. Culyer & J. P. Newhouse (Eds.), *Handbook of health economics* (p. 347-408). Amsterdam : Elsevier Science.
- Guralnik, J. M., Branch, L. G., Cummings, S. R., & Curb, J. D. (1989). Physical performance measures in aging research. *Journal of Gerontology*, 44(5), M141-M146.
- Guralnik, J. M., Ferrucci, L., Pieper, C. F., Leveille, S. G., Markides, K. S., Ostir, G. V., ... Wallace, R. B. (2000). Lower extremity function and subsequent disability : Consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(4), M221-M231.
- Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Glynn, R. J., Berkman, L. F., Blazer, D. G., & Wallace, R. B. (1994). A short physical performance battery assessing lower extremity function : Association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *Journal of Gerontology*, 49(2), M85-M94.
- Hall, P., & Horowitz, J. L. (1996). Bootstrap critical values for tests based on generalized method of moments estimators. *Econometrica*, 64, 891-916.
- Halliday, T. J. (2008). Heterogeneity, state dependence and health. *Econometrics Journal*, 11, 499-516.
- Hamerman, D. (1999). Toward an understanding of frailty. *Annals of Internal Medicine*, 130(11), 945-950.
- Hansen, L. (1982). Large sample properties of generalized method of moments estimators. *Econometrica*, 50(4), 1029-1054.
- Harman, D. (1956). Aging : A theory based on free radical and radiation chemistry. *Journal of Gerontology*, 11(3), 298-300.
- Harman, D. (1962). Role of free radicals in mutation, cancer, aging, and the maintenance of life. *Radiation Research*, 16(5), 753-763.
- Harman, D. (1972). The biologic clock : The mitochondria? *Journal of the American Geriatrics Society*, 20(4), 145-147.
- Harris, P. B. (2008). Another wrinkle in the debate about successful aging : The undervalued concept of resilience and the lived experience of dementia. *International Journal of Aging & Human Development*, 67(1), 43-61.
- Hartke, R. J., Prohaska, T. R., & Furner, S. E. (1998). Older adults and assistive devices : Use, multiple-device use, and need. *Journal of Aging and Health*,

- 10(1), 99-116.
- Hassin, R., & Haviv, M. (1995). Equilibrium strategies for queue with impatient customers. *Operations Research Letters*, 17, 41-45.
- Havighurst, R. J. (1961). Successful aging. *The Gerontologist*, 1, 8-13.
- Havighurst, R. J. (1963). Successful aging. In R. H. Williams, C. Tibbitts, & W. Donahue (Eds.), *Processes of aging* (p. 299-320). New York : Atherton Press.
- Havighurst, R. J., & Albrecht, R. (1953). *Older people*. New York : Longmans, Green.
- Hébert, R., Bravo, G., & Girouard, D. (1992). Validation de l'adaptation française du Modified Mini-Mental State (3MS). *Revue de Gériatrie*, 17(8), 443-450.
- Hébert, R., Bravo, G., Korner-Bitensky, N., & Voyer, L. (1996). Refusal and information bias associated with postal questionnaires and face-to-face interviews in very elderly subjects. *Journal of Clinical Epidemiology*, 49(3), 373-381.
- Hébert, R., Brayne, C., & Spiegelhalter, D. (1997). Incidence of functional decline and improvement in a community-dwelling very elderly population. *American Journal of Epidemiology*, 145(10), 935-944.
- Hébert, R., Brayne, C., & Spiegelhalter, D. (1999). Factors associated with functional decline and improvement in a very elderly community-dwelling population. *American Journal of Epidemiology*, 150(5), 501-510.
- Hébert, R., Carrier, R., & Bilodeau, A. (1988a). The functional autonomy measurement system (SMAF) : Description and validation of an instrument for the measurement of handicaps. *Age and Ageing*, 17, 293-302.
- Hébert, R., Carrier, R., & Bilodeau, A. (1988b). Le système de mesure de l'autonomie fonctionnelle (SMAF). *Revue de Gériatrie*, 13(4), 161-167.
- Hébert, R., Spiegelhalter, D., & Brayne, C. (1997). Setting the minimal metrically detectable change on disability rating scales. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 78(10), 1305-1308.
- Health Canada. (2007). *Eating well with canada's food guide*. ©Her Majesty the Queen in Right of Canada, represented by the Minister of Health Canada, 2007. HC Pub. : 4667. Cat. : H164-38/2-2007E.
- Heckhausen, J. (1997). Developmental regulation across adulthood : Primary and secondary control of age-related challenges. *Developmental Psychology*, 33, 176-187.
- Heckhausen, J., Dixon, R. A., & Baltes, P. B. (1989). Gains and losses in development throughout adulthood as perceived by different adult age groups. *Developmental Psychology*, 25, 109-121.
- Heckhausen, J., & Schulz, R. (1993). Optimisation by selection and compensation : Balancing primary and secondary control in life span development. *International Journal of Behavioral Development*, 16, 287-303.
- Heckhausen, J., & Schulz, R. (1995). A life-span theory of control. *Psychological Review*, 102, 284-304.
- Heckman, J. J. (1976). The common structure of statistical models of truncation, sample selection and limited dependent variables and a simple estimator for

- such models. *Annals of Economic and Social Measurement*, 5(4), 475-492.
- Heckman, J. J. (1979). Sample selection bias as a specification error. *Econometrica*, 47, 153-161.
- Heikkinen, E. (2006). Disability and physical activity in late life : Research models and approaches. *European Review of Aging and Physical Activity*, 3, 3-9.
- Helewa, A., Goldsmith, C. H., & Smythe, H. A. (1981). The modified sphygmomanometer-An instrument to measure muscle strength : A validation study. *Journal of Chronic Diseases*, 34(7), 353-361.
- Henderson, A. S., Korten, A. E., Jacomb, P. A., Mackinnon, A. J., Jorm, A. F., Christensen, H., & Rodgers, B. (1997). The course of depression in the elderly : A longitudinal community-based study in Australia. *Psychological Medicine*, 27(1), 119-129.
- Hendricks, J. (1992). Generations and the generation of theory in social gerontology. *International Journal of Aging & Human Development*, 35(1), 31-47.
- Hendricks, J., Applebaum, R., & Kunkel, S. (2010). A world appart? Bridging the gap between theory and applied social gerontology. *The Gerontologist*, 50, 284-293.
- Henry, W. E. (1964). The theory of intrinsic disengagement. In P. Hansen (Ed.), *Age with a future* (p. 415-418). Philadelphia : F.A. Davis Co.
- Hershberger, S. L. (2003). The growth of structural equation modeling. *Structural Equation Modeling*, 10(1), 35-46.
- Hiraguchi, R. (2008). Some foundations for multiplicative habits models. *Journal of Macroeconomics*, 30, 873-884.
- Hoening, H., Taylor, D. H. J., & Sloan, F. A. (2003). Does assistive technology substitute for personal assistance among the disabled elderly? *American Journal of Public Health*, 93(2), 330-337.
- Hogan, M. (2005). Physical and cognitive activity and exercise for older adults : A review. *The International Journal of Aging & Human Development*, 60(2), 95-126.
- Holtz-Eakin, D., Newey, W., & Rosen, H. S. (1988). Estimating vector autoregressions with panel data. *Econometrica*, 56(6), 1371-1395.
- Hooyman, N. R., & Kiyak, H. A. (2011). *Social gerontology : A multidisciplinary perspective* (9^e éd.). Boston, MA : Allyn and Bacon.
- Horn, W. J. (1970). Organization of data on life-span development of human abilities. In L. R. Goulet & P. B. Baltes (Eds.), *Life-span developmental psychology : Research and theory* (p. 423-466). New York : Academic Press.
- Hoschschild, A. R. (1975). Disengagement theory : A critique and a proposal. *American Sociological review*, 40, 553-569.
- Hsiao, C. (2003). *Analysis of panel data* (2^e éd.). Cambridge : Cambridge University Press.
- Huber, P. J. (1967). The behavior of maximum likelihood estimates under non-standard conditions. In *Proceedings of the fifth berkeley symposium on mathematical statistics and probability* (Vol. 1, p. 221-233). Berkeley, CA :

- University of California Press.
- Iezzoni, L. I. (2002). The canary in the mine. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *83*(10), 1476-1478.
- Institut de la statistique du Québec. (2015). *Le bilan démographique du québec*. Gouvernement du Québec.
- Inui, T. S. (2003). The need for an integrated biopsychosocial approach to research on successful aging. *Annals of Internal Medicine*, *139*, 391-394.
- Inzitari, M., Baldereschi, M., Di Carlo, A., Di Bari, M., Marchionni, N., Scafato, E., . . . Inzitari, D. (2007). Impaired attention predicts motor performance decline in older community-dwellers with normal baseline mobility : Results from the Italian Longitudinal Study on Aging (ILSA). *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, *62*(8), 837-843.
- Inzitari, M., Newman, A. B., Yaffe, K., Boudreau, R., de Rekeneire, N., Shorr, R., . . . Rosano, C. (2007). Gait speed predicts decline in attention and psychomotor speed in older adults : The health aging and body composition study. *Neuroepidemiology*, *29*, 156-162.
- Ishizaki, T., Watanabe, S., Suzuki, T., Shibata, H., & Haga, H. (2000). Predictors for functional decline among nondisabled older japanese living in a community during a 3-year follow-up. *Journal of the American Geriatrics Society*, *48*(11), 1424-1429.
- Jacobson, L. (2000). The family as producer of health—an extension of the Grossman model. *Journal of Health Economics*, *19*, 611-637.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Perrig, J., W. (2008, May 13). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *105*(19), 6829-6833.
- Jay, G. M., Liang, J., Liu, X., & Sugisawa, H. (1993). Patterns of nonresponse in a national survey of elderly japanese. *Journal of Gerontology*, *48*(3), S143-S152.
- Jeong, S. K., & Cho, J. M., K H Kim. (2003). The usefulness of the Korean version of modified Mini-Mental State Examination (K-mMMSE) for dementia screening in community dwelling elderly people. *BMC Public Health*, *4*(31). doi: 10.1186/1471-2458-4-31
- Jeste, D. V., Savla, G. N., Thompson, W. K., Vahia, I. V., Glorioso, D. K., Martin, A. S., . . . Depp, C. A. (2013). Association between older age and more successful aging : Critical role of resilience and depression. *The American Journal of Psychiatry*, *170*(2), 188-196.
- Jette, A. M., Jette, D. U., Ng, J., Plotkin, D. J., & Bach, M. A. (1999). Are performance-based measures sufficiently reliable for use in multicenter trials? Musculoskeletal impairment (MSI) Study Group. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, *54*(1), M3-M6.
- Jones, A. M., & Schurer, S. (2011). How does heterogeneity shape the socioeconomic gradient in health satisfaction? *Journal of Applied Econometrics*,

- 26, 549-579.
- Jones, E., Hanly, J. G., Mooney, R., Rand, L. L., Spurway, P. M., Eastwood, B. J., & Jones, J. V. (1991). Strength and function in the normal and rheumatoid hand. *Journal of Rheumatology*, 18(9), 1313-1318.
- Kaiser, H. F. (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 23, 187-200.
- Kasl, S. V. (1995). Strategies in research on health and aging : Looking beyond secondary data analysis. *Journal of Gerontology : Social Sciences*, 50B, S191-S193.
- Keller, H. H., Ostbye, T., & Bright-See, E. (1997). Predictors of dietary intake in Ontario seniors. *Canadian Journal of Public Health*, 88, 305-309.
- Kempen, G. I., Steverink, N., Ormel, J., & Deeg, D. J. (1996). The assessment of ADL among frail elderly in an interview survey : Self-report versus performance-based tests and determinants of discrepancies. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 51(5), P254-P260.
- Kennedy, E. T., Ohls, J., Carlson, S., & Fleming, K. (1995). The Healthy Eating Index : Design and applications. *Journal of the American Dietetic Association*, 95, 1103-1108.
- Kergoat, M., & Légaré, J. (2007). Aspects démographiques et épidémiologiques du vieillissement au Québec. In M. Arcand & R. Hébert (Eds.), *Précis pratique de gériatrie* (3^e éd., p. 1-16). Acton Vale, Québec : Edisem.
- Kim, Y. (2015). The dynamics of health and its determinants among the elderly in developing countries. *Economics and Human Biology*, 19, 1-12.
- Kiviet, J. F. (1995). On bias, inconsistency, and efficiency of various estimators in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 68(1), 53-78.
- Kiviet, J. F. (1999). Expectation of expansions for estimators in a dynamic panel data model : Some results for weakly exogenous regressors. In C. Hsiao, K. Lahiri, L. F. Lee, & M. H. Pesaran (Eds.), *Analysis of panel data and limited dependant variables*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Kiviet, J. F., & Bun, M. J. G. (2001). *The accuracy of inference in small samples of dynamic panel data models*. Tinbergen Institute Discussion Paper TI 2001-006/4.
- Klein, M. W. (2002). *Mathematical methods for economics*. Boston : Pearson Education.
- Klevmarcken, N. A. (1989). Panel studies : What can we learn from them? Introduction. *European Economic Review*, 33, 523-529.
- Kliegl, R., Smith, J., & Baltes, P. B. (1989). Testing the limits and the study of adult age difference in cognitive plasticity of a mnemonic skill. *Developmental Psychology*, 25, 247-256.
- Kline, R. B. (2012). Assumptions in structural equation modeling. In R. H. Hoyle (Ed.), *Handbook of structural equation modelling* (p. 111-125). New York : The Guilford Press.
- Koenker, R., & Machado, J. A. F. (1999). GMM inference when the number of moment conditions is large. *Journal of Econometrics*, 93, 327-344.

- Kuh, D., Bassey, J., Hardy, R., Aihie Sayer, A., Wadsworth, M., & Cooper, C. (2002). Birth weight, childhood size, and muscle strength in adult life : Evidence from a birth cohort study. *American Journal of Epidemiology*, *156*(7), 626-633.
- Kuh, D., Karunanathan, S., Bergman, H., & Cooper, R. (2014). A life-course approach to healthy ageing : Maintaining physical capability. *The Proceedings of the Nutrition Society*, *73*(2), 237-248.
- Kyriazidou, E. (2001). Estimation of dynamic panel data sample selection models. *Econometrica*, *68*, 543-572.
- Lancaster, K. J. (1966). A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*, *74*, 132-157.
- Lang, F. R., Rieckmann, N., & Baltes, M. M. (2002). Adapting to aging losses : Do resources facilitate strategies of selection, compensation, and optimization in everyday functioning? *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, *57*(6), P501-P509.
- Lange, F., & McKee, D. (2012). *The evolution of latent health over the life course*. Technical Report, Yale University.
- Launer, L. J., Dinkgreve, M. A., Jonker, C., Hooijer, C., & Lindeboom, J. (1993). Are age and education independent correlates of the Mini-Mental State Exam performance of community-dwelling elderly? *Journal of Gerontology*, *48*(6), P271-P277.
- Laurie, H., Smith, R., & Scott, L. (1999). Strategies for reducing nonresponse in a longitudinal panel survey. *Journal of Official Statistics*, *15*(2), 269-282.
- Lefrançois, R. (2007). Sociologie du vieillissement. In M. Arcand & R. Hébert (Eds.), *Précis pratique de gériatrie* (3^e éd., p. 51-62). Acton Vale, Québec : Edisem.
- Leibowitz, A. A. (2004). The demand for health and health concerns after 30 years. *Journal of Health Economics*, *23*(4), 663-671.
- Lemon, B. W., Bengtson, V. L., & Peterson, J. A. (1972). An exploration of the activity theory of aging : Activity types and life satisfaction among in-movers to a retirement community. *Journal of Gerontology*, *27*(4), 511-523.
- Li, K. Z., Lindenberger, U., Freund, A. M., & Baltes, P. B. (2001). Walking while memorizing : Age-related differences in compensatory behavior. *Psychological Science*, *12*, 230-237.
- Liljas, B. (1998). The demand for health with uncertainty and insurance. *Journal of Health Economics*, *17*, 153-170.
- Lindenberger, S. (1986). The paradox of privatization in consumption. In A. Diekmann & P. Mitter (Eds.), *Paradoxical effects of social behaviour : Essays in honor of Anatol Rapoport* (p. 297-310). Heidelberg : Physica-Verlag.
- Lindenberger, S. (2001). Social rationality versus rational egoism. In J. H. Turner (Ed.), *Handbook of sociological theory* (p. 635-668). New York : Academic Plenum.
- Lindenberger, S., & Frey, B. S. (1993). Alternatives, frames, and relative prices : A broader view of rational choice theory. *Acta Sociologica*, *36*, 191-205.
- Lipsitz, L. A., & Goldberger, A. L. (1992). Loss of "complexity" and aging.

- Potential applications of fractals and chaos theory to senescence. *JAMA*, 267(13), 1806-1809.
- Liu, I. Y., & Anthony, J. C. (1989). Using the "Mini-Mental State" examination to predict elderly subjects' completion of a follow-up interview. *American Journal of Epidemiology*, 130(2), 416-422.
- Lykken, D., & Tellegen, A. (1996). Happiness is a stochastic phenomenon. *Psychological Science*, 7(3), 186-189.
- Lynch, J., & Smith, G. D. (2005). A life course approach to chronic disease epidemiology. *Annual Review of Public Health*, 26, 1-35.
- Lynott, R. J., & Lynott, P. P. (1996). Tracing the course of theoretical development in the sociology of aging. *The Gerontologist*, 36(6), 749-760.
- Maddox, G. L. (1964). Disengagement theory : A critical evaluation. *The Gerontologist*, 4, 80-83.
- Maddox, G. L. (1968). Persistence of life-style among the elderly. In B. L. Neugarten (Ed.), *Middle age and aging* (p. 181-183). Chicago : University of Chicago Press.
- Maddox, G. L. (1970). Themes and issues in sociological theories of human aging. *Human Development*, 13, 17-27.
- Maddox, G. L., & Douglas, E. R. (1974). Aging and individual difference : A longitudinal analysis of social, psychological, and physiological indicators. *Journal of Gerontology*, 29, 555-563.
- Mandelbaum, A., & Shimkin, N. (2000). A model for rational abandonment from invisible queues. *Queueing Systems*, 36, 141-173.
- Marquis, S., Moore, M. M., Howieson, D. B., Sexton, G., Payami, H., Kaye, J. A., & Camicioli, R. (2002). Independent predictors of cognitive decline in healthy elderly persons. *Archives of Neurology*, 59(4), 601-606.
- Marsiske, M., Lang, F. R., Baltes, P. B., & Baltes, M. M. (1995). Selective optimization with compensation : Life-span perspectives on successful human development. In R. A. Dixon & L. Bäckman (Eds.), *Compensating for psychological deficits and declines : Managing losses and promoting gains* (p. 35-79). Mahwah, NJ : Erlbaum.
- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370-396.
- Maslow, A. H. (1954). *Motivation and personality*. New York : Harper.
- Maslow, A. H. (1968). *Toward a psychology of being* (2^e éd.). New York : Nostrand.
- Matheu, A., Maraver, A., Klatt, P., Flores, I., Garcia-Cao, I., Borrás, C., ... Serrano, M. (2007). Delayed ageing through damage protection by the Arf/p53 pathway. *Nature*, 448, 375-379.
- Mathias, S., Nayak, U. S., & Isaacs, B. (1986). Balance in elderly patients : The "Get-up and Go" test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 67(6), 387-389.
- Mathiowetz, V., Weber, K., Volland, G., & Kashman, N. (1984). Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *The Journal of Hand Surgery*, 9(2), 222-226.

- Matthews, F. E., Chatfield, M., Freeman, C., McCracken, C., Brayne, C., & MRC CFAS. (2004). Attrition and bias in the MRC cognitive function and ageing study : An epidemiological investigation. *BMC Public Health*, *4*(12). doi: 10.1186/1471-2458-4-12
- McCrae, R. R., & Costa, P. T. (1991). Adding Liebe und Arbeit : The full five-factor model and well-being. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *17*, 227-232.
- McDowell, I., Kristjansson, B., Hill, G. B., & Hébert, R. (1997). Community screening for dementia : the Mini Mental State Exam (MMSE) and Modified Mini-Mental State Exam (3MS) compared. *Journal of Clinical Epidemiology*, *50*(4), 377-383.
- McPherson, B. D. (1990). *Aging as a social process : An introduction to individual and population aging* (2^e éd.). Toronto, Canada : Butterworth.
- Melton, L. J., Khosla, S., Crowson, C. S., O'Connor, M. K., O'Fallon, W. M., & Riggs, B. L. (2000). Epidemiology of sarcopenia. *Journal of the American Geriatrics Society*, *48*(6), 625-630.
- Melzer, D., Lan, T. Y., Tom, B. D., Deeg, D. J., & Guralnik, J. M. (2004). Variation in thresholds for reporting mobility disability between national population subgroups and studies. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, *59*(12), 1295-1303.
- Michael, R. T., & Becker, G. S. (1973). On the new theory of consumer behavior. *Swedish Economic Journal*, *75*, 378-396.
- Mihelic, A. H., & Crimmins, E. M. (1997). Loss to follow-up in a sample of americans 70 years of age and older : The LSOA 1984-1990. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, *52B*(1), S37-S48.
- Mills, J. P. (1926). Table of the ratio : Area to bounding ordinate, for any portion of normal curve. *Biometrika*, *18*(3/4), 395-400.
- Minnecci, C., Mello, A. M., Mossello, E., Baldasseroni, S., Macchi, L., Cipolletti, S., . . . Di Bari, M. (2015). Comparative study of four physical performance measures as predictors of death, incident disability, and falls in unselected older persons : The insufficienza Cardiaca negli Anziani Residenti a Dicomano Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, *63*(1), 136-141.
- Mirowsky, J., & Reynolds, J. R. (2000). Age, depression, and attrition in the National Survey of Families and Households. *Sociological Methods and Research*, *28*(4), 476-504.
- Molloy, D. W., Alemayehu, E., & Roberts, R. (1991). Reliability of a Standardized Mini-Mental State Examination compared with the traditional Mini-Mental State Examination. *The American Journal of Psychiatry*, *148*(1), 102-105.
- Montero-Odasso, M., Schapira, M., Soriano, E. R., Varela, M., Kaplan, R., Camera, L. A., & Mayorga, L. M. (2005). Gait velocity as a single predictor of adverse events in healthy seniors aged 75 years and older. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, *60*(10), 1304-1309.
- Montorio, I., & Izal, M. (1996). The Geriatric Depression Scale : A review of its

- development and utility. *International Psychogeriatrics*, 8(1), 103-112.
- Morris, J. A., Norris, P. R., Ozdas, A., Waitman, L. R., Harell, F. E., William, A. E., ... Jenkins, J. M. (2006). Reduced heart rate variability : An indicator of cardiac uncoupling and diminished physiologic reserve in 1,425 trauma patients. *The Journal of Trauma*, 60(6), 1165-1174.
- Mosqueda, L. (2004). Physiological changes and secondary conditions. In B. J. Kemp & L. Mosqueda (Eds.), *Ageing with a disability : What the clinician needs to know* (p. 35-47). Baltimore : Johns Hopkins University Press.
- Moulin, H. (2007). On scheduling fees to prevent merging, splitting, and transferring of jobs. *Mathematics of Operations Research*, 32(2), 266-283.
- Muellbauer, J. (1998). Habits, rationality and myopia in the life cycle consumption function. *Annales d'Économies et de Statistique*, 9, 47-70.
- Murphy, S. P., Davis, M. A., Neuhaus, J. M., & Lein, D. (1990). Factors influencing the dietary adequacy and energy intake of older americans. *Journal of Nutrition Education*, 22(6), 284-291.
- Muurinen, J. M. (1982). Demand for health : A generalised grossman model. *Journal of Health Economics*, 1(1), 5-28.
- Muurinen, J. M. (1985). The economic analysis of inequalities in health. *Social Science and Medicine*, 20(10), 1029-1035.
- Myers, A. M., Holliday, P. J., Harvey, K. A., & Hutchinson, K. S. (1993). Functional performance measures : Are they superior to self-assessments? *Journal of Gerontology*, 48(5), M196-M206.
- Nelson, E. A., & Dannefer, D. (1992). Aged heterogeneity : Fact or fiction? The fate of diverse logical research. *The Gerontologist*, 32, 17-23.
- Nerlove, M. (1967). Experimental evidence on the estimation of dynamic economic relations from a time series of cross-sections. *Economic Studies Quarterly*, 18, 42-74.
- Nerlove, M. (1971). Further evidence on the estimation of dynamic economic relations from a time series of cross sections. *Econometrica*, 39(2), 359-382.
- Neugarten, B. L. (1973). Personality change in late life : A developmental perspective. In *The psychology of adult development and aging* (p. 311-335). Washington : American Psychological Association.
- Neugarten, B. L., Havighurst, R. J., & Tobin, S. S. (1961). The measurement of life satisfaction. *Journal of Gerontology*, 16, 134-143.
- Neustadt, J., & Pieczenik, S. (2008). Organ reserve and healthy aging. *Integrative Medicine*, 7(3), 50-52.
- Nevitt, M. C., Cummings, S. R., Kidd, S., & Black, D. (1989). Risk factors for recurrent nonsyncopal falls. A prospective study. *Journal of the American Medical Association*, 261(18), 2663-2668.
- New England Research Institute. (1991). *PASE Physical Activity Scale for the Elderly : Administration and scoring instruction manual*. Watertown, MA : New England Research Institute.
- Ng, S. S., & Hui-Chan, C. W. (2005). The timed up & go test : Its reliability

- and association with lower-limb impairments and locomotor capacities in people with chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(8), 1641-1647.
- Nickell, S. (1981). Biases in dynamic models with fixed effects. *Econometrica*, 49, 1417-1426.
- Nieboer, A., & Lindenberg, S. (2002). Substitution, buffers and subjective well-being : A hierarchical approach. In E. Gullone & R. A. Cummins (Eds.), *The universality of subjective wellbeing indicators : A multi-disciplinary and multi-national perspective* (p. 175-189). Dordrecht : Kluwer.
- Nieboer, A., Lindenberg, S., Boomsma, A., & Van Bruggen, A. C. (2005). Dimensions of well-being and their measurement : The SPF-IL scale. *Social Indicators Research*, 73, 313-353.
- Nocera, S., & Zweifel, P. (1998). The demand for health : An empirical test of the Grossman model using panel data. *Developments in Health Economics and Public Policy*, 6, 35-49. (Nocera, S Zweifel, P NETHERLANDS Dev Health Econ Public Policy. 1998 ;6 :35-49.)
- Norris, F. H. (1985). Characteristics of older nonrespondents over five waves of a panel study. *Journal of Gerontology*, 40(5), 627-636.
- Nygren, B., Al  x, L., Jons  n, E., Gustafson, Y., Norberg, A., & Lundman, B. (2005). Resilience, sense of coherence, purpose in life and self-transcendence in relation to perceived physical and mental health among the oldest old. *Aging & Mental Health*, 9(4), 354-362.
- Offidani, E., Tomba, E., & Linder, M. D. (2013). Two key concepts in the life course approach in medicine : Allostatic load and cumulative life course impairment. *Current Problems in Dermatology*, 44, 17-32.
- O'Neill, K., & Reid, G. (1991). Perceived barriers to physical activity by older adults. *Canadian Journal of Public Health*, 82, 392-396.
- Ormel, J., Lindenberg, S., Steverink, N., & Verbrugge, L. M. (1999). Subjective well-being and social production functions. *Social Indicators Research*, 46, 61-90.
- Pajala, S., Era, P., Koskenvuo, M., Kaprio, J., Al  n, M., Tolvanen, A., . . . Rantanen, T. (2005). Contribution of genetic and environmental factors to individual differences in maximal walking speed with and without second task in older women. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(10), 1299-1303.
- Palmore, E. (1979). Predictors of successful aging. *The Gerontologist*, 19(5), 427-431.
- Palmore, E., & Kivett, V. (1977). Change in life satisfaction : A longitudinal study of persons aged 46-70. *Journal of Gerontology*, 32, 311-316.
- Papousek, I., & Schuster, G. (2008). Effects of a mood-enhancing intervention on subjective well-being and cardiovascular parameters. *International Journal of Behavioral Medicine*, 15(4), 293-302.
- Parkin, M., & Bade, R. (2006). *Microeconomics : Canada in the global environment*. Toronto : Pearson Addison Wesley.
- Passarino, G., De Rango, F., & Montesanto, A. (2016). Human longevity :

- Genetics or lifestyle? It takes two to tango. *Immunity and Ageing*, 13(12). doi: 10.1186/s12979-016-0066-z
- Paxton, P. M., Hipp, J. R., & Marquart-Pyatt, S. (2011). *Nonrecursive models : Endogeneity, reciprocal relationships, and feedback loops*. Thousand Oaks, CA : Sage.
- Payette, H. (1997). *Évaluation de la stabilité temporelle et spatiale d'un outil de dépistage du risque nutritionnel chez les personnes âgées fragiles*. Rapport de recherche, Centre de recherche en gérontologie et gériatrie, Sherbrooke.
- Payette, H. (2005). Nutrition as a determinant of functional autonomy and quality of life in aging : A research program. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 83, 1061–1070.
- Payette, H., & Gray-Donald, K. (1991). Dietary intake and biochemical indices of nutritional status in an elderly population with estimates of the precision of the 7-day food record. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54, 478-488.
- Payette, H., Gray-Donald, K., Cyr, R., & Boutier, V. (1995). Predictors of dietary intake in a functionally dependent elderly population in the community. *American Journal of Public Health*, 85(5), 677-683.
- Payette, H., Gueye, N. R., Gaudreau, P., Morais, J. A., Shatenstein, B., & Gray-Donald, K. (2011). Trajectories of physical function decline and psychological functioning : The Québec Longitudinal Study on Nutrition and Successful Aging (NuAge). *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 66(Suppl 1), i82–i90.
- Payette, H., Guigoz, Y., & Vellas, B. J. (1999). Study design for nutritional assessments in the elderly. In B. P. Yu (Ed.), *Methods in aging research* (p. 301-320). Boca Raton FL : CRC Press LLC.
- Payette, H., Hanusaik, N., Boutier, V., Morais, J. A., & Gray-Donald, K. (1998). Muscle strength and functional mobility in relation to lean body mass in free-living frail elderly women. *European Journal of Clinical Nutrition*, 52(1), 45-53.
- Pearson, K. (1896). Mathematical contributions to the theory of evolution. III. Regression, heredity, and panmixia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A* 187, 253-318.
- Peel, N., Bartlett, H., & McClure, R. (2004). Healthy ageing : How is it defined and measured? *Australasian Journal on Ageing*, 23(3), 115-119.
- Penninx, B. W., Guralnik, J. M., Ferrucci, L., Simonsick, E. M., Deeg, D. J., & Wallace, R. B. (1998). Depressive symptoms and physical decline in community-dwelling older persons. *JAMA*, 279(21), 1720-1726.
- Picone, G., Uribe, M., & Wilson, M. R. (1998). The effect of uncertainty on the demand for medical care, health capital and wealth. *Journal of Health Economics*, 17, 171-185.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed "Up & Go" : A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39, 142-148.
- Propper, C. (1995). The disutility of time spent on the united kingdom's national

- health service waiting lists. *The Journal of Human Resources*, 30(4), 677-700.
- Pruchno, R. A., Wilson-Genderson, M., Rose, M., & Cartwright, F. (2010). Successful aging : Early influences and contemporary characteristics. *The Gerontologist*, 50, 821-833.
- Psaty, B. M., Cheadle, A., Koepsell, T. D., Diehr, P., Wickizer, T., Curry, S., . . . Wagner, E. H. (1994). Race- and ethnicity-specific characteristics of participants lost to follow-up in a telephone cohort. *American Journal of Epidemiology*, 140(2), 161-171.
- Raji, M. A., Ostir, G. V., Markides, K. S., & Goodwin, J. S. (2002). The interaction of cognitive and emotional status on subsequent physical functioning in older mexican americans : Findings from the Hispanic established population for the epidemiologic study of the elderly. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(10), M678-M682.
- Ratzlaff, C., Matsumoto, D., Kouznetsova, N., Raroque, J., & Ray, R. (2000). Individual psychological culture and subjective well-being. In E. Diener & E. M. Sul (Eds.), *Culture and subjective well-being* (p. 37-60). Cambridge, MA : MIT Press.
- Reed, R. L., Den Hartog, R., Yochum, K., Pearlmutter, L., Ruttinger, A. C., & Mooradian, A. D. (1993). A comparison of hand-held isometric strength measurement with isokinetic muscle strength measurement in the elderly. *Journal of the American Geriatrics Society*, 41(1), 53-56.
- Resnick, B., & D'Adamo, C. (2011). Factors associated with exercise among older adults in a continuing care retirement community. *Rehabilitation Nursing*, 36(2), 47-53.
- Resnick, B., Galik, E., Dorsey, S., Scheve, A., & Gutkin, S. (2011). Reliability and validity testing of the physical resilience measure. *The Gerontologist*, 51(5), 643-652.
- Resnick, B., & Inguito, P. L. (2011). The resilience scale : Psychometric properties and clinical applicability in older adults. *Archives of Psychiatric Nursing*, 25(1), 11-20.
- Resnick, B., Klinedinst, N. J., Yerges-Armstrong, L., Choi, E. Y., & Dorsey, S. G. (2015). The impact of genetics on physical resilience and successful aging. *Journal of Aging and Health*, 27(6), 1084-1104.
- Resnick, B., Michael, K., Shaughnessy, M., Kopunek, S., Nahm, E. S., & Macko, R. F. (2008). Motivators for treadmill exercise after stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 15(5), 494-502.
- Resnick, B., Orwig, D., Wehren, L., Zimmerman, S., Simpson, M., & Magaziner, J. (2005). The Exercise Plus Program for older women post hip fracture : Participant perspectives. *The Gerontologist*, 45(4), 539-544.
- Reuben, D. B., Siu, A. L., & Kimpau, S. (1992). The predictive validity of self-report and performance-based measures of function and health. *Journal of Gerontology*, 47(4), M106-M110.
- Riegel, K. F., Riegel, R. M., & Meyer, G. (1967). A study of the dropout rates in longitudinal research on aging and the prediction of death. *Journal of*

- Personality and Social Psychology*, 5, 342-348.
- Roberts, B. W., & Mroczek, D. (2008). Personality trait change in adulthood. *Current Directions in Psychological Science*, 17(1), 31-35.
- Roberts, R. E., Kaplan, G. A., Shema, S. J., & Strawbridge, W. J. (1997). Does growing old increase the risk for depression? *The American Journal of Psychiatry*, 154(10), 1384-1390.
- Rodríguez-Rodero, S., Fernández-Morera, J. L., Menéndez-Torre, E., Calvanese, V., Fernández, A. F., & Fraga, M. F. (2011). Aging genetics and aging. *Aging and Disease*, 2(3), 186-195.
- Rogers, C. R. (1961). *On becoming a person*. Boston : Houghton Mifflin.
- Rogers, W. H. (1993). Regression standard errors in clustered samples. *Stata Technical Bulletin*, 13, 19-23.
- Roodman, D. (2009). How to do xtabond2 : An introduction to difference and system GMM in Stata. *The Stata Journal*, 9(1), 86-136.
- Roshanravan, B., Robinson-Cohen, C., Patel, K. V., Ayers, E., Littman, A. J., de Boer, I. H., ... Seliger, S. (2013). Association between physical performance and all-cause mortality in CKD. *Journal of the American Society of Nephrology*, 24(5), 822-830.
- Rosow, I. (1963). *Social integration of the aged*. New York : Free Press.
- Rossi, N. E., Bisconti, T. L., & Bergeman, C. S. (2007). The role of dispositional resilience in regaining life satisfaction after the loss of a spouse. *Death Studies*, 31(10), 863-883.
- Rothbaum, F., Weisz, J. R., & Snyder, S. S. (1982). Changing the world and changing the self : A two-process model of perceived control. *Journal of Personality and Social Psychology*, 42, 5-37.
- Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (1987). Human aging : Usual and successful. *Science*, 237, 143-149.
- Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (1997). Successful aging. *The Gerontologist*, 37(4), 433-440.
- Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (1998). *Successful aging*. New York : Random House.
- Rubenstein, L. Z., Schairer, C., Wieland, G. D., & Kane, R. (1984). Systematic biases in functional status assessment of elderly adults : Effects of different data sources. *Journal of Gerontology*, 39(6), 686-691.
- Rufini, A., Tucci, P., Celardo, I., & Melino, G. (2013). Senescence and aging : The critical roles of p53. *Oncogene*, 32(43), 5129-5143.
- Ryff, C. D. (1982). Successful aging : A developmental approach. *The Gerontologist*, 22, 209-214.
- Ryff, C. D. (1989a). Beyond Ponce de Leon and life satisfaction : New directions in quest of successful aging. *International Journal of Behavioral Development*, 12, 35-55.
- Ryff, C. D. (1989b). In the eye of the beholder : Views of psychological well-being among middle-aged and older adults. *Psychology and Aging*, 4, 195-210.
- Ryff, C. D. (2008). Challenges and opportunities at the interface of aging, personality and well-being. In O. P. Oliver, R. W. Robins, & L. A. Pervin (Eds.),

- Handbook of personality : Theory and research* (3^e éd., p. 399-418). New York NY : Guilford Press.
- Ryff, C. D., & Keyes, L. M. (1995). The structure of psychological well-being revisited. *Journal of Personality and Social Psychology*, 69(4), 719-727.
- Sachs-Ericsson, N., Schmidt, N. B., Zvolensky, M. J., Mitchell, M., Collins, N., & Blazer, D. G. (2009). Smoking cessation behavior in older adults by race and gender : The role of health problems and psychological distress. *Nicotine & Tobacco Research*, 11(4), 433-443.
- Salas, C. (2002). On the empirical association between poor health and low socioeconomic status at old age. *Health Economics*, 11(3), 207-220.
- Saris, W. E., Satorra, A., & van der Veld, W. M. (2009). Testing structural equation models or detection of misspecifications? *Structural Equation Modeling*, 16(4), 561-582.
- Schneider, G., Driesch, G., Kruse, A., Wachter, M., Nehen, H. G., & Heuft, G. (2004). What influences self-perception of health in the elderly? The role of objective health condition, subjective well-being and sense of coherence. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 39(3), 227-237.
- Schulz, R., & Heckhausen, J. (1996). A life span model of successful aging. *American Psychologist*, 51, 702-714.
- Seeman, T. E., Berkman, L. F., Charpentier, P. A., Blazer, D. G., Albert, M. S., & Tinetti, M. E. (1995). Behavioral and psychosocial predictors of physical performance : MacArthur studies of successful aging. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 50(4), M177-M183.
- Seeman, T. E., Charpentier, P. A., Berkman, L. F., Tinetti, M. E., Guralnik, J. M., Albert, M., ... Rowe, J. W. (1994). Predicting changes in physical performance in a high-functioning elderly cohort : MacArthur studies of successful aging. *Journal of Gerontology*, 49(3), M97-M108.
- Selden, T. M. (1993). Uncertainty and health care spending by the poor : The human capital model revisited. *Journal of Health Economics*, 12, 109-115.
- Semykina, A., & Wooldridge, J. M. (2013). Estimation of dynamic panel data models with sample selection. *Journal of Applied Econometrics*, 28(1), 47-61.
- Sevestre, P., & Trognon, A. (1985). A note on autoregressive error components models. *Journal of Econometrics*, 28, 231-245.
- Shatenstein, B., Gauvin, L., Keller, H., Richard, L., Gaudreau, P., Giroux, F., ... Payette, H. (2013). Baseline determinants of global diet quality in older men and women from the nuage cohort. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 17(5), 419-425.
- Shatenstein, B., Nadon, S., Godin, C., & Ferland, G. (2005). Diet quality of montreal-area adults needs improvement : Estimates from a self-administered food frequency questionnaire furnishing a dietary indicator score. *Journal of the American Dietetic Association*, 105(8), 1251-1260.
- Shumway-Cook, A., Brauer, S., & Woollacott, M. (2000). Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up &

- Go Test. *Physical Therapy*, 80(9), 896-903.
- Simonsick, E. M., Newman, A. B., Visser, M., Goodpaster, B., Kritchevsky, S. B., Rubin, S., . . . Health, Aging and Body Composition Study (2008). Mobility limitation in self-described well-functioning older adults : Importance of endurance walk testing. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 63(8), 841-847.
- Siu, A. L., Hays, R. D., Ouslander, J. G., Osterwell, D., Valdez, R. B., Krynski, M., & Gross, A. (1993). Measuring functioning and health in the very old. *Journal of Gerontology*, 48(1), M10-M14.
- Slymen, D. J., Drew, J. A., Wright, B. L., Elder, J. P., & Williams, S. J. (1992). Compliance with a 12-month assessment in an elderly cohort participating in a preventive intervention study : The San Diego Medicare Preventive Health Project. *International Journal of Epidemiology*, 21(4), 701-706.
- Solon, G., Haider, S. J., & Wooldridge, J. M. (2013). *What are we weighting for ?* Working Paper 18859, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Steel, P., Schmidt, J., & Shultz, J. (2008). Refining the relationship between personality and subjective well-being. *Psychological Bulletin*, 134, 138-161.
- Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8, 448-460.
- Stern, Y. (2009). Cognitive reserve. *Neuropsychologia*, 47, 2015-2028.
- Steverink, N. (1996). Succesvol ouder worden, een productiefunctie benadering [successful aging : a production function approach]. *Tijdschrift voor Social Gezondheidszorg*, 2, 29-34.
- Steverink, N. (2001). When and why frail elderly people give up independent living : The Netherlands as an example. *Ageing and Society*, 21, 45-69.
- Steverink, N., & Lindenberg, S. (2006). Wich social needs are important for subjective well-being? What happens to them with aging. *Psychology and Aging*, 2, 281-290.
- Steverink, N., Lindenberg, S., & Ormel, J. (1998). Toward understanding successful ageing : Patterned change in resources and goals. *Ageing and Society*, 18, 441-467.
- Stockwell, T., Zhao, J., Panwar, S., Roemer, A., Naimi, T., & Chikritzhs, T. (2016). Do "moderate" drinkers have reduced mortality risk? A systematic review and meta-analysis of alcohol consumption and all-cause mortality. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 77(2), 185-198.
- Stowe, J. D., & Cooney, T. M. (2015). Examining Rowe and Kahn's concept of successful aging : Importance of taking a life course perspective. *The Gerontologist*, 55(1), 43-50.
- Stratmann, T. (1999). What do medical services buy? Effects of doctor visits on work day loss. *Eastern Economic Journal*, 25(1), 1-16.
- Streib, G. F. (1966). Participants and drop-outs in a longitudinal study. *Journal of Gerontology*, 21(2), 200-209.
- Suh, E. M. (2000). Self, the hyphen between culture and subjective well-being. In

- E. Diener & E. M. Sul (Eds.), *Culture and subjective well-being* (p. 63-86). Cambridge, MA : MIT Press.
- Suh, Y., & Vijg, J. (2006). Maintaining genetic integrity in aging : A zero sum game. *Antioxidants & Redox Signaling*, 8(3-4), 559-571.
- Tabbarah, M., Crimmins, E. M., & Seeman, T. E. (2002). The relationship between cognitive and physical performance : Macarthur Studies of Successful Aging. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(4), M228-M235.
- Tanaka, H., Sasazawa, Y., Suzuki, S., Nakazawa, M., & Koyama, H. (2011). Health status and lifestyle factors as predictors of depression in middle-aged and elderly japanese adults : A seven-year follow-up of the Komo-Ise cohort study. *BMC Psychiatry*, 11(20). doi: 10.1186/1471-244X-11-20
- Teng, E. L., & Chui, H. C. (1987). The Modified Mini-Mental State (3MS) Examination. *Journal of Clinical Psychiatry*, 48, 314-317.
- Teng, E. L., Chui, H. C., & Gong, A. (1990). Comparison between the Mini-Mental State Exam (MMSE) and its modified version –the 3MS test. In *Psychogeriatrics : biomedical and social advances* (p. 189-192). Tokyo : Excerpta Medica.
- Tennstedt, S. L., Dettling, U., & McKinlay, J. B. (1992). Refusal rates in a longitudinal study of older people : Implications for field methods. *Journal of Gerontology*, 47(6), S313-S318.
- Terracciano, A., Schrack, J. A., Sutin, A. R., Chan, W., Simonsick, E. M., & Ferrucci, L. (2013). Personality, metabolic rate and aerobic capacity. *PLoS One*, 8(1), e54746.
- Tiainen, K. M., Perola, M., Kovanen, V. M., Sipilä, S., Tuononen, K. A., Rikalainen, K., . . . Kujala, U. M. (2008). Genetics of skeletal muscle characteristics and maximal walking speed among older female twins. *Twin Research and Human Genetics*, 11(3), 321-334.
- Tolea, M. I., Costa Jr., P. T., Terracciano, A., Ferrucci, L., Faulkner, K., Co-day, M. M., . . . Simonsick, E. M. (2012). Associations of openness and conscientiousness with walking speed decline : Findings from the Health, Aging, and Body Composition Study. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 67(6), 705-711.
- Tolea, M. I., Terracciano, A., Simonsick, E. M., Metter, E. J., Costa Jr., P. T., & Ferrucci, L. (2012). Associations between personality traits, physical activity level, and muscle strength. *Journal of Research in Personality*, 46(3), 264-270.
- Tombaugh, T. N., McDowell, I., Kristjansson, B., & Hubley, A. M. (1996). Mini-Mental State Examination (MMSE) and the Modified MMSE (3MS) : A psychometric comparison and normative data. *Psychological Assessment*, 8(1), 48-59.
- United Nations. (2015). *World population prospects : The 2015 revision, Key findings and advance tables*. New York : Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- Usher, D. (1976). Comments on The correlation between health and schooling. In

- N. E. Terleckyj (Ed.), *Household production and consumption* (p. 212-220). New York, NY : National Bureau of Economic Research.
- Vaccaro, R., Borrelli, P., Abbondanza, S., Davin, A., Polito, L., Colombo, M., ... Guaita, A. (2017). Subthreshold depression and clinically significant depression in an Italian population of 70-74 year-olds : Prevalence and association with perceptions of self. *BioMed Research International*, 2017 :3592359. doi: 10.1155/2017/3592359
- Van Ackere, A. (1993). Simulation and queueing theory applied to a single-server queue with advertising and balking. *The Journal of the Operational Research Society*, 44(4), 407-414.
- Van Beijsterveldt, C. E., van Boxtel, M. P., Bosma, H., Houx, P. J., Buntinx, F., & Jolles, J. (2002). Predictors of attrition in a longitudinal cognitive aging study : The Maastricht Aging Study (MAAS). *Journal of Clinical Epidemiology*, 55(3), 216-223.
- Van de Ven, W. P. M. M., & Van der Gaag, J. (1982). Health as an unobservable : A mimic-model of demand for health care. *Journal of Health Economics*, 1(2), 157-183.
- Varian, H. R. (2010). *Intermediate microeconomics : A modern approach* (5^e éd.). New York : W. W. Norton & Company.
- Vega, S., Benito-León, J., Bermejo-Pareja, F., Medrano, M. J., Vega-Valderrama, L. M., Rodríguez, C., & Louis, E. D. (2010). Several factors influenced attrition in a population-based elderly cohort : Neurological disorders in Central Spain Study. *Journal of Clinical Epidemiology*, 63, 215-222.
- Verbrugge, L. M., Rennert, C., & Madans, J. H. (1997). The great efficacy of personal and equipment assistance in reducing disability. *American Journal of Public Health*, 87(3), 384-392.
- Wagstaff, A. (1986a). The demand for health : Some new empirical evidence. *Journal of Health Economics*, 5(3), 195-233.
- Wagstaff, A. (1986b). The demand for health : Theory and applications. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 40, 1-11.
- Wagstaff, A. (1993). The demand for health : An empirical reformulation of the Grossman model. *Health Economics*, 2(2), 189-198.
- Waite, L. M., Grayson, D. A., Piguet, O., Creasey, H., Bennett, H. P., & Broe, G. A. (2005). Gait slowing as a predictor of incident dementia : 6-year longitudinal data from the Sydney Older Persons Study. *Journal of the Neurological Sciences*, 15, 89-93.
- Walford, R. L. (1969). *The immunologic theory of aging*. Copenhagen : Munksgaard.
- Wang, L., Larson, E. B., Bowen, J. D., & van Belle, G. (2006). Performance-based physical function and future dementia in older people. *Archives of Internal Medicine*, 166(10), 1115-1120.
- Wang, L., van Belle, G., Kukull, W. B., & Larson, E. B. (2002). Predictors of functional change : A longitudinal study of nondemented people aged 65 and older. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(9), 1525-1534.
- Washburn, R. A., Smith, K. W., Jette, A. M., & Janney, C. A. (1993). The Phy-

- sical Activity Scale for the Elderly (PASE) : Development and evaluation. *Journal of Clinical Epidemiology*, *46*, 153-162.
- Weber, K., Canuto, A., Giannakopoulos, P., Mouchian, A., Meiler-Mititelu, C., Meiler, A., ... Ribaupierre, A. D. (2014). Personality, psychosocial and health-related predictors of quality of life in old age. *Aging & Mental Health*, *19*(2), 151-158.
- Weis, R. S. (1969). The fund of sociability. *Trans-action*, *6*, 36-43.
- Weuve, J., Proust-Lima, C., Power, M. C., Gross, A. L., Hofer, S. M., Thiébaud, R., ... MELODEM Initiative (2015). Guidelines for reporting methodological challenges and evaluating potential bias in dementia research. *Alzheimer's & Dementia*, *11*(9), 1098-1109.
- Weuve, J., Tchetgen Tchetgen, E. J., Glymour, M. M., Beck, T. L., Aggarwal, N. T., Wilson, R. S., ... Mendes de Leon, C. F. (2012). Accounting for bias due to selective attrition : The example of smoking and cognitive decline. *Epidemiology*, *23*(1), 119-128.
- White, H. (1980). A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica*, *48*(4), 817-830.
- White, H. (1982). Maximum likelihood estimation of misspecified models. *Econometrica*, *50*(1), 1-25.
- Whitson, H. E., Duan-Porter, W., Schmader, K. E., Morey, M. C., Cohen, H. J., & Colón-Emeric, C. S. (2016). Physical resilience in older adults : Systematic review and development of an emerging construct. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, *71*(4), 489-495.
- Williams, R. L. (2000). A note on robust variance estimation for cluster-correlated data. *Biometrics*, *56*, 645-646.
- Wilson, A. J., & Webber, I. L. (1976). Attrition in a longitudinal study of an aged population. *Experimental Aging Research*, *2*(5), 1976.
- Wilson, R. S., Hebert, L. E., Scherr, P. A., Barnes, L. L., Mendes de Leon, C. F., & Evans, D. A. (2009). Educational attainment and cognitive decline in old age. *Neurology*, *72*(5), 460-465.
- Windmeijer, F. (2005). A finite sample correction for the variance of linear efficient two-step GMM estimators. *Journal of Econometrics*, *126*(1), 25-51.
- Wolfe, J. R. (1985). A model of declining health and retirement. *Journal of Political Economy*, *93*(6), 1258-1267.
- Wong, C. H., Wong, S. F., Pang, W. S., Azizah, M. Y., & Dass, M. (2003). Habitual walking and its correlation to better physical function : Implications for prevention of physical disability in older persons. *Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, *58A*(6), 555-560.
- Wooldridge, J. M. (1995). Selection corrections for panel data models under conditional mean independence assumptions. *Journal of Econometrics*, *68*(1), 115-132.
- Wooldridge, J. M. (1999). Asymptotic properties of weighted M-estimators for variable probability samples. *Econometrica*, *67*, 1385-1406.

- Wooldridge, J. M. (2002). *Econometric analysis of cross section and panel data*. Cambridge, MA : MIT Press.
- World Health Organization. (1980). *International classification of impairments, disabilities, and handicaps : A manual of classification relating to the consequences of disease*. Geneva : World Health Organization.
- Yardley, J. K., & Rice, R. W. (1991). The relationship between mood and subjective well-being. *Social Indicators Research*, 24(1), 101-111.
- Yesavage, J. A., Brink, T. L., Rose, T. L., Lum, O., Huang, V., Adey, M., & Leirer, V. O. (1983). Development and validation of a geriatric depression screening scale : A preliminary report. *Journal of Psychiatric Research*, 17, 37-49.
- Zetterberg, H. L. (1965). *On theory and verification in sociology*. Stockholm : Almqvist and Wiksell.
- Zhu, H., Belcher, M., & van der Harst, P. (2011). Healthy aging and disease : Role for telomere biology? *Clinical Science (London)*, 120(10), 427-440.
- Zunzunegui, M. Y., Béland, F., & Gutiérrez-Cuadra, P. (2001). Loss to follow-up in a longitudinal study on aging in Spain. *Journal of Clinical Epidemiology*, 54(5), 501-510.

Appendices

Appendice A

Conditions de premier ordre

Soit le Lagrangien associé au problème d'optimisation dynamique (1)-(6) suivant :

$$\begin{aligned}
\mathcal{L} = \sum_{t=0}^T & \left[\left(\frac{1}{1 + \alpha_1} \right)^t (U[H_t, C_t] - D[m_t, g_t]) \right. \\
& - \lambda_{Ht} (H_{t+1} - I_t - (1 - \delta_t)H_t) - \lambda_{\tilde{H}t} (\tilde{H}_{t+1} - f_t) \\
& \left. - \lambda_{At} (A_{t+1} - (1 + r)A_t - Y_t + \sum_{\ell=1}^5 [p_{\ell t} G_{\ell t}] + q_t M_t) \right] \quad (28) \\
& - \mu_{H0} (H_0 - H_{init}) - \mu_{H,T+1} (H_{T+1} - H_{min}) - \mu_{\tilde{H}0} (\tilde{H}_0 - \tilde{H}_{init}) \\
& - \mu_{\tilde{H},T+1} (\tilde{H}_{T+1} - \tilde{H}_{fin}) - \mu_{A0} (A_0 - A_{init}) - \mu_{A,T+1} (A_{T+1} - A_{fin}),
\end{aligned}$$

où λ_{Ht} , $\lambda_{\tilde{H}t}$, λ_{At} , μ_{H0} , $\mu_{H,T+1}$, $\mu_{\tilde{H}0}$, $\mu_{\tilde{H},T+1}$, μ_{A0} et $\mu_{A,T+1}$ représentent les multiplicateurs dynamiques de Lagrange sur les contraintes imposées par l'accumulation du capital de santé physique, l'accumulation du capital de santé cognitive, l'accumulation de richesse, la condition initiale du capital de santé physique, la condition finale du capital de santé physique, la condition initiale du capital de santé cognitive, la condition finale du capital de santé cognitive, la condition initiale de richesse et la condition finale de richesse, respectivement. Soit

$$\begin{aligned}
& \sum_{t=0}^T \left[-\lambda_{At} (A_{t+1} - (1 + r)A_t) - \lambda_{Ht} (H_{t+1} - (1 - \delta_t)H_t) \right] \\
& = \sum_{t=0}^T \left[-\lambda_{At} A_{t+1} + \lambda_{At} (1 + r)A_t - \lambda_{Ht} H_{t+1} + \lambda_{Ht} (1 - \delta_t)H_t \right] \\
& = -\lambda_{A0} A_1 + \lambda_{A0} (1 + r)A_0 - \dots - \lambda_{AT} A_{T+1} + \lambda_{AT} (1 + r)A_T \\
& \quad - \lambda_{H0} H_1 + \lambda_{H0} (1 - \delta_0)H_0 - \dots - \lambda_{HT} H_{T+1} + \lambda_{HT} (1 - \delta_T)H_T \\
& = A_1 (\lambda_{A1} (1 + r) - \lambda_{A0}) + \dots + A_T (\lambda_{AT} (1 + r) - \lambda_{A,T-1}) \\
& \quad + H_1 (\lambda_{H1} (1 - \delta_1) - \lambda_{H0}) + \dots + H_T (\lambda_{HT} (1 - \delta_T) - \lambda_{H,T-1}) \\
& \quad + \lambda_{A0} (1 + r)A_0 - \lambda_{AT} A_{T+1} + \lambda_{H0} (1 - \delta_0)H_0 - \lambda_{HT} H_{T+1} \\
& = \sum_{t=1}^T \left[A_t (\lambda_{At} (1 + r) - \lambda_{A,t-1}) + H_t (\lambda_{Ht} (1 - \delta_t) - \lambda_{H,t-1}) \right] \quad (29) \\
& \quad + \lambda_{A0} (1 + r)A_0 - \lambda_{AT} A_{T+1} + \lambda_{H0} (1 - \delta_0)H_0 - \lambda_{HT} H_{T+1}.
\end{aligned}$$

Substituant l'équation (29) dans le Lagrangien (28), nous avons (Klein, 2002) :

$$\begin{aligned}
\mathcal{L} = \sum_{t=1}^T & \left[\left(\frac{1}{1 + \alpha_1} \right)^t \left(U[H_t, C_t] - D[m_t, g_t] \right) - \lambda_{H_t}(-I_t) \right. \\
& - \lambda_{A_t} \left(-Y_t + \sum_{\ell=1}^5 [p_{\ell t} G_{\ell t}] + q_t M_t \right) - \lambda_{\tilde{H}_t} (\tilde{H}_{t+1} - f_t) \\
& \left. + A_t \left(\lambda_{A_t} (1 + r) - \lambda_{A, t-1} \right) + H_t \left(\lambda_{H_t} (1 - \delta_t) - \lambda_{H, t-1} \right) \right] \quad (30) \\
& + \lambda_{A_0} (1 + r) A_0 - \lambda_{A_T} A_{T+1} + \lambda_{H_0} (1 - \delta_0) H_0 - \lambda_{H_T} H_{T+1} + U_0 - D_0 \\
& - \lambda_{H_0} (-I_0) - \lambda_{A_0} \left(-Y_0 + \sum_{\ell=1}^5 [p_{\ell 0} G_{\ell 0}] + q_0 M_0 \right) - \lambda_{\tilde{H}_0} (\tilde{H}_1 - f_0) \\
& - \mu_{H_0} (H_0 - H_{init}) - \mu_{H, T+1} (H_{T+1} - H_{min}) - \mu_{\tilde{H}_0} (\tilde{H}_0 - \tilde{H}_{init}) \\
& - \mu_{\tilde{H}, T+1} (\tilde{H}_{T+1} - \tilde{H}_{fin}) - \mu_{A_0} (A_0 - A_{init}) - \mu_{A, T+1} (A_{T+1} - A_{fin}).
\end{aligned}$$

Du Lagrangien (30) nous obtenons les conditions de premier ordre (CPO) d'intérêt suivantes :

i)

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial A_t} &= \lambda_{A_t} (1 + r) - \lambda_{A, t-1} \Rightarrow \\
\lambda_{A, t-1} &= \lambda_{A_t} (1 + r) \Leftrightarrow \\
\lambda_{A_t} &= \frac{\lambda_{A_0}}{(1 + r)^t}, \quad (31)
\end{aligned}$$

ii)

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial H_t} = 0 &= \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial U_t} \frac{\partial U_t}{\partial H_t} + \lambda_{H_t} (1 - \delta_t) - \lambda_{H, t-1} \\
&= \left(\frac{1}{1 + \alpha_1} \right)^t \frac{\partial U_t}{\partial H_t} + \lambda_{H_t} (1 - \delta_t) - \lambda_{H, t-1} \Rightarrow \\
\lambda_{H_t} (1 - \delta_t) &= \lambda_{H, t-1} - \left(\frac{1}{1 + \alpha_1} \right)^t \frac{\partial U_t}{\partial H_t}, \quad (32)
\end{aligned}$$

iii)

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial M_t} = 0 &= \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial I_t} \frac{\partial I_t}{\partial M_t} - \lambda_{A_t} q_t \\
&= \lambda_{H_t} \frac{\partial I_t}{\partial M_t} - \lambda_{A_t} q_t \Rightarrow \\
\lambda_{H_t} &= \frac{\lambda_{A_t} q_t}{\partial I_t / \partial M_t}, \quad (33)
\end{aligned}$$

iv)

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial m_t} = 0 &= \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial I_t} \frac{\partial I_t}{\partial m_t} + \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial D_t} \frac{\partial D_t}{\partial m_t} \\
&= \lambda_{Ht} \frac{\partial I_t}{\partial m_t} - \left(\frac{1}{1 + \alpha_1} \right)^t \frac{\partial D_t}{\partial m_t} \Rightarrow \\
\lambda_{Ht} &= (1 + \alpha_1)^{-t} \frac{\partial D_t / \partial m_t}{\partial I_t / \partial m_t},
\end{aligned} \tag{34}$$

v)

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial G_{1t}} = 0 &= \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial U_t} \frac{\partial U_t}{\partial C_{1t}} \frac{\partial C_{1t}}{\partial G_{1t}} - \lambda_{At} p_{1t} \\
&= \left(\frac{1}{1 + \alpha_1} \right)^t \frac{\partial U_t}{\partial C_{1t}} \frac{\partial C_{1t}}{\partial G_{1t}} - \lambda_{At} p_{1t} \Rightarrow \\
\frac{\partial U_t}{\partial C_{1t}} &= (1 + \alpha_1)^t \frac{\lambda_{At} p_{1t}}{\partial C_{1t} / \partial G_{1t}},
\end{aligned} \tag{35}$$

vi)

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial g_{1t}} = 0 &= \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial U_t} \frac{\partial U_t}{\partial C_{1t}} \frac{\partial C_{1t}}{\partial g_{1t}} + \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial D_t} \frac{\partial D_t}{\partial g_{1t}} \\
&= \left(\frac{1}{1 + \alpha_1} \right)^t \frac{\partial U_t}{\partial C_{1t}} \frac{\partial C_{1t}}{\partial g_{1t}} - \left(\frac{1}{1 + \alpha_1} \right)^t \frac{\partial D_t}{\partial g_{1t}} \Rightarrow \\
\frac{\partial U_t}{\partial C_{1t}} &= \frac{\partial D_t / \partial g_{1t}}{\partial C_{1t} / \partial g_{1t}},
\end{aligned} \tag{36}$$

vii)

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_{At}} = 0 = A_{t+1} - (1 + r)A_t - Y_t + \sum_{\ell=1}^5 [p_{\ell t} G_{\ell t}] + q_t M_t, \tag{37}$$

viii)

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_{Ht}} = 0 = H_{t+1} - I_t - (1 - \delta_t)H_t, \tag{38}$$

ix)

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_{\tilde{H}t}} = 0 = \tilde{H}_{t+1} - f_t, \tag{39}$$

x)

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mu_{A0}} = 0 &= A_0 - A_{init} \Rightarrow \\
A_0 &= A_{init},
\end{aligned} \tag{40}$$

xi)

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mu_{A,T+1}} = 0 = A_{T+1} - A_{fin} \Rightarrow \\ A_{T+1} = A_{fin}, \end{aligned} \quad (41)$$

xii)

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mu_{H_0}} = 0 = H_0 - H_{init} \Rightarrow \\ H_0 = H_{init}, \end{aligned} \quad (42)$$

xiii)

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mu_{H,T+1}} = 0 = H_{T+1} - H_{min} \Rightarrow \\ H_{T+1} = H_{min}, \end{aligned} \quad (43)$$

xiv)

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mu_{\tilde{H}_0}} = 0 = \tilde{H}_0 - \tilde{H}_{init} \Rightarrow \\ \tilde{H}_0 = \tilde{H}_{init}, \end{aligned} \quad (44)$$

xv)

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mu_{\tilde{H},T+1}} = 0 = \tilde{H}_{T+1} - \tilde{H}_{fin} \Rightarrow \\ \tilde{H}_{T+1} = \tilde{H}_{fin}. \end{aligned} \quad (45)$$

Appendice B
Conditions d'équilibre

Capital de santé physique

Des CPO (33) et (34) nous obtenons

$$(1 + \alpha_1)^{-t} \frac{\partial D_t / \partial m_t}{\lambda_{At} q_t} = \frac{\partial I_t / \partial m_t}{\partial I_t / \partial M_t}. \quad (46)$$

Des équations (3) et (46) :

$$(1 + \alpha_1)^{-t} \frac{\partial D_t / \partial m_t}{\lambda_{At} q_t} = \frac{\beta_I M_t}{(1 - \beta_I) m_t} \Rightarrow$$

$$M_t = \frac{(1 + \alpha_1)^{-t} (\partial D_t / \partial m_t) (1 - \beta_I) m_t}{\lambda_{At} q_t \beta_I}. \quad (47)$$

Des équations (3) et (34) nous avons

$$\lambda_{Ht} = (1 + \alpha_1)^{-t} \frac{\partial D_t / \partial m_t}{M_t^{\iota(1-\beta_I)} \beta_I m_t^{\iota(\beta_I-1)} \xi_t}. \quad (48)$$

Substituant l'équation (47) dans l'équation (48) nous obtenons

$$\lambda_{Ht} = \frac{\lambda_{At}^{\iota(1-\beta_I)}}{(1 + \alpha_1)^{t-\iota t(1-\beta_I)}} \pi_{It}, \quad (49)$$

où $\pi_{It} = (\partial D_t / \partial m_t)^{1-\iota(1-\beta_I)} q_t^{\iota(1-\beta_I)} \xi_t^{-\iota} / \iota (1 - \beta_I)^{\iota(1-\beta_I)} \beta_I^{1-\iota(1-\beta_I)}$. Enfin, la substitution des équations (31) et (49) dans la CPO (32) permet l'obtention de la relation d'équilibre (7).

Panier de consommation substitut

Des CPO (35) et (36) nous obtenons

$$(1 + \alpha_1)^{-t} \frac{\partial D_t / \partial g_{1t}}{\lambda_{At} p_{1t}} = \frac{\partial C_{1t} / \partial g_{1t}}{\partial C_{1t} / \partial G_{1t}}. \quad (50)$$

Des équations (6) et (50) :

$$(1 + \alpha_1)^{-t} \frac{\partial D_t / \partial g_{1t}}{\lambda_{At} p_{1t}} = \frac{\beta_{C1} G_{1t}}{(1 - \beta_{C1}) g_{1t}} \Rightarrow$$

$$G_{1t} = \frac{(1 + \alpha_1)^{-t} (\partial D_t / \partial g_{1t}) (1 - \beta_{C1}) g_{1t}}{\lambda_{At} p_{1t} \beta_{C1}}. \quad (51)$$

De l'équation (6) et de la condition (36) nous avons

$$\frac{\partial U_t}{\partial C_{1t}} = \frac{\partial D_t / \partial g_{1t}}{G_{1t}^{1-\beta_{C1}} \beta_{C1} g_{1t}^{\beta_{C1}-1} \zeta_{1t}}. \quad (52)$$

Substituant l'équation (51) dans l'équation (52) nous obtenons

$$\frac{\partial U_t}{\partial C_{1t}} = \lambda_{At}^{1-\beta_{C1}} (1 + \alpha_1)^{t(1-\beta_{C1})} \pi_{C1t}, \quad (53)$$

où $\pi_{C1t} = (\partial D_t / \partial g_{1t})^{\beta_{C1}} p_{1t}^{1-\beta_{C1}} \zeta_1^{-1} / (1 - \beta_{C1})^{1-\beta_{C1}} \beta_{C1}^{\beta_{C1}}$. Enfin, la substitution de la CPO (31) dans l'équation (53) permet l'obtention de la relation d'équilibre (8).

Appendice C

Élasticité de substitution intertemporelle de la santé physique

De l'équation (17) nous obtenons

$$\begin{aligned}
\ln \left[\frac{\partial U_{t+1}/\partial H_{t+1}}{\partial U_t/\partial H_t} \right] &= \left((1 - \alpha_2)(1 - \alpha_4) - 1 \right) \ln \left[\frac{H_{t+1}}{H_t} \right] \\
&\quad + \ln \left[\frac{\varphi_{t+1}}{\varphi_t} \right] + \alpha_2(1 - \alpha_4) \ln \left[\frac{C_{1,t+1}}{C_{1t}} \right] \Rightarrow \\
\ln \left[\frac{H_{t+1}}{H_t} \right] &= \frac{1}{(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_4) - 1} \left(\ln \left[\frac{\partial U_{t+1}/\partial H_{t+1}}{\partial U_t/\partial H_t} \right] \right. \\
&\quad \left. - \ln \left[\frac{\varphi_{t+1}}{\varphi_t} \right] - \alpha_2(1 - \alpha_4) \ln \left[\frac{C_{1,t+1}}{C_{1t}} \right] \right) \Rightarrow \\
\frac{-\partial \ln \left[\frac{H_{t+1}}{H_t} \right]}{\partial \ln \left[\frac{\partial U_{t+1}/\partial H_{t+1}}{\partial U_t/\partial H_t} \right]} &= \frac{-1}{(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_4) - 1} \in (0, 1) \Leftrightarrow \alpha_4 > 1 \quad \forall \alpha_2 \in (0, 1).
\end{aligned}$$

Appendice D

Demande de santé physique

De l'équation (7) nous obtenons

$$\lambda_{A0} = \left(\frac{\partial U_t}{\partial H_t} \right)^{1/\iota(1-\beta_I)} \pi_{Ht}^{-1/\iota(1-\beta_I)} \left(\frac{1 + \alpha_1}{1 + r} \right)^{-t}. \quad (54)$$

Substituant l'équation (54) dans l'équation (8) nous avons

$$\frac{\partial U_t}{\partial C_{1t}} = \pi_{C1t} \pi_{Ht}^{-\tau} \left(\frac{\partial U_t}{\partial H_t} \right)^\tau, \quad (55)$$

où $\tau = (1 - \beta_{C1})/\iota(1 - \beta_I)$. Des équations (55) et (17), nous obtenons

$$\begin{aligned} \varphi_t \alpha_2 C_{1t}^{\alpha_2(1-\alpha_4)-1} H_t^{(1-\alpha_2)(1-\alpha_4)} h^{-\alpha_3(1-\alpha_2)(1-\alpha_4)} = \\ \pi_{C1t} \pi_{Ht}^{-\tau} \left(\varphi_t C_{1t}^{\alpha_2(1-\alpha_4)} (1 - \alpha_2) H_t^{(1-\alpha_2)(1-\alpha_4)-1} h^{-\alpha_3(1-\alpha_2)(1-\alpha_4)} \right)^\tau \Rightarrow \\ C_{1t} = \alpha_2^{-1/\omega} (1 - \alpha_2)^{\tau/\omega} h_t^{(1-\tau)/\omega} \varphi_t^{(\tau-1)/\omega} \pi_{C1t}^{1/\omega} \pi_{Ht}^{-\tau/\omega} h^{\alpha_3(1-\alpha_2)(1-\alpha_4)(1-\tau)/\omega} \\ \times H_t^{\left((1-\alpha_2)(1-\alpha_4)(\tau-1) - \tau \right) / \omega}, \end{aligned} \quad (56)$$

où $\omega = \alpha_2(1 - \alpha_4)(1 - \tau) - 1$. Des équations (7) et (17) :

$$\begin{aligned} H_t^{(1-\alpha_2)(1-\alpha_4)-1} = \left(\frac{1 + \alpha_1}{1 + r} \right)^{\iota t(1-\beta_I)} \lambda_{A0}^{\iota(1-\beta_I)} (1 - \alpha_2)^{-1} \varphi_t^{-1} \pi_{Ht} \\ \times h^{\alpha_3(1-\alpha_2)(1-\alpha_4)} C_{1t}^{-\alpha_2(1-\alpha_4)}. \end{aligned} \quad (57)$$

Substituant l'équation (56) dans l'équation (57), nous obtenons

$$\begin{aligned} H_t = \lambda_{A0}^{\iota\omega(1-\beta_I)/\alpha_4} (1 - \alpha_2)^{(\alpha_2(\alpha_4-1)+1)/\alpha_4} \alpha_2^{\alpha_2(1-\alpha_4)/\alpha_4} \left(\frac{1 + \alpha_1}{1 + r} \right)^{\iota\omega t(1-\beta_I)/\alpha_4} \\ \times \varphi_t^{1/\alpha_4} \pi_{C1t}^{-\alpha_2(1-\alpha_4)/\alpha_4} \pi_{Ht}^{(\alpha_2(1-\alpha_4)-1)/\alpha_4} h^{-\alpha_3(1-\alpha_2)(1-\alpha_4)/\alpha_4}, \end{aligned}$$

et sous sa forme logarithmique

$$\begin{aligned} \ln H_t = \ln \left(\lambda_{A0}^{\iota\omega(1-\beta_I)/\alpha_4} (1 - \alpha_2)^{(\alpha_2(\alpha_4-1)+1)/\alpha_4} \alpha_2^{\alpha_2(1-\alpha_4)/\alpha_4} \right) \\ + \frac{\iota\omega t(1 - \beta_I)}{\alpha_4} \ln \left(\frac{1 + \alpha_1}{1 + r} \right) + \frac{1}{\alpha_4} \ln \varphi_t - \frac{\alpha_2(1 - \alpha_4)}{\alpha_4} \ln \pi_{C1t} \\ + \frac{\alpha_2(1 - \alpha_4) - 1}{\alpha_4} \ln \pi_{Ht} - \frac{\alpha_3(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_4)}{\alpha_4} \ln h. \end{aligned} \quad (58)$$

Soit l'équation (9) sous sa forme logarithmique

$$\begin{aligned} \ln \pi_{Ht} = \ln \pi_{It} + \ln \left(\delta_t - 1 + \frac{\pi_{I,t-1} (1 + r)^{\iota(1-\beta_I)} (1 + \alpha_1)^{1-\iota(1-\beta_I)}}{\pi_{It}} \right) \\ = \ln \pi_{It} + \ln \delta_t - \ln \delta_t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \ln \left(\delta_t - 1 + \frac{\pi_{I,t-1}(1+r)^{\iota(1-\beta_I)}(1+\alpha_1)^{1-\iota(1-\beta_I)}}{\pi_{It}} \right) \\
& = \ln \pi_{It} + \ln \delta_t + \ln \kappa_t,
\end{aligned} \tag{59}$$

où

$$\kappa_t = \delta_t^{-1} \left(\delta_t - 1 + \frac{\pi_{I,t-1}(1+r)^{\iota(1-\beta_I)}(1+\alpha_1)^{1-\iota(1-\beta_I)}}{\pi_{It}} \right). \tag{60}$$

Des équations (31) et (46) nous avons

$$\partial D_t / \partial m_t = \lambda_{A0} q_t (\partial I_t / \partial m_t) (\partial I_t / \partial M_t)^{-1} (1+\alpha_1)^t (1+r)^{-t}. \tag{61}$$

Assumant $q_{t-1}(1+r) = q_t$, et substituant les équations (10) et (61) dans l'équation (60) nous obtenons

$$\kappa_t = \delta_t^{-1} \left(\delta_t - 1 + \left(\frac{\xi_{t-1}}{\xi_t} \right)^{-\iota} \left(\frac{(\partial I_{t-1} / \partial m_{t-1})(\partial I_t / \partial M_t)}{(\partial I_t / \partial m_t)(\partial I_{t-1} / \partial M_{t-1})} \right)^{1-\iota(1-\beta_I)} \right). \tag{62}$$

De l'équation (62), et assumant

$$\frac{(\partial I_{t-1} / \partial m_{t-1})(\partial I_t / \partial M_t)}{(\partial I_t / \partial m_t)(\partial I_{t-1} / \partial M_{t-1})} = \frac{M_{t-1} m_t}{M_t m_{t-1}} = 1, \tag{63}$$

nous obtenons

$$\kappa_t = \frac{\delta_t - 1 + \xi_{t-1}^{-\iota} \xi_t^{\iota}}{\delta_t}, \tag{64}$$

et posons

$$\ln \kappa_t = \beta_{\kappa} t. \tag{65}$$

Des équations (10) à (18), (58), (59), (65), assumant $\beta_{\xi} > -\beta_{\zeta 1,1} \chi / \iota (1 - \chi)$, $|\beta_{\kappa}| < \beta_{\delta 1}$, $\alpha_1 \geq r$, $\omega < 0$, et assumant les différents termes d'erreur indépendants entre eux, nous obtenons l'équation générale de la demande de santé physique (19) pour l'individu i :

$$\begin{aligned}
\ln H_t & = \beta_0 + \rho \ln h + \beta_1 t + \beta_2 C_{2t} + \beta_3 G_{3t} + \beta_4 G_{4t} + \beta_5 X_{\delta t} + \beta_6 X_{\varphi t} \\
& \quad + \beta_7 X_{\psi t} + \beta_8 \tilde{H}_t + \beta_9 \ln q_t + \beta_{10} \ln p_{1t} + v + u_t,
\end{aligned}$$

où

$$\begin{aligned}
\beta_0 & = \frac{\alpha_2(1-\alpha_4)}{\alpha_4} \ln \left(\alpha_2(1-\beta_{C1})^{(1-\beta_{C1})} \beta_{C1}^{\beta_{C1}} \right) \\
& \quad - \frac{(\alpha_2(1-\alpha_4)-1)}{\alpha_4} \ln \left((1-\alpha_2)(1-\beta_I)^{1-\beta_I} \beta_I^{\beta_I} \iota \right), \\
\rho & = \frac{-\alpha_3(1-\alpha_2)(1-\alpha_4)}{\alpha_4},
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\beta_1 &= \frac{\beta_{\delta 1}(\alpha_2(1 - \alpha_4) - 1)}{\alpha_4} \\
&\quad + \frac{\beta_{\kappa}(\alpha_2(1 - \alpha_4) - 1)}{\alpha_4} + \frac{\iota\omega(1 - \beta_I)}{\alpha_4} \ln\left(\frac{1 + \alpha_1}{1 + r}\right), \\
\beta_2 &= \frac{\beta_{\varphi 1}}{\alpha_4} - \frac{\beta_{\delta 2}(\alpha_2(1 - \alpha_4) - 1)}{\alpha_4}, \\
\beta_3 &= -\frac{\beta_{\delta 3}(\alpha_2(1 - \alpha_4) - 1)}{\alpha_4}, \\
\beta_4 &= \frac{\beta_{\delta 4}(\alpha_2(1 - \alpha_4) - 1)}{\alpha_4}, \\
\beta_5 &= \frac{\beta_{\delta 5}(\alpha_2(1 - \alpha_4) - 1)}{\alpha_4}, \\
\beta_6 &= \frac{\beta_{\varphi 2}}{\alpha_4}, \\
\beta_7 &= \frac{(1 - \iota(1 - \beta_I))\beta_{\psi 2}(\alpha_2(1 - \alpha_4) - 1)}{\alpha_4} - \frac{\beta_{\psi 1}\beta_{C1}\alpha_2(1 - \alpha_4)}{\alpha_4}, \\
\beta_8 &= \frac{\beta_{\zeta 1}\alpha_2(1 - \alpha_4)}{\alpha_4} - \frac{\iota\beta_{\xi}(\alpha_2(1 - \alpha_4) - 1)}{\alpha_4}, \\
\beta_9 &= \frac{\iota(1 - \beta_I)(\alpha_2(1 - \alpha_4) - 1)}{\alpha_4}, \\
\beta_{10} &= \frac{-\alpha_2(1 - \alpha_4)(1 - \beta_{C1})}{\alpha_4}, \\
v &= \frac{\iota\omega(1 - \beta_I)}{\alpha_4} \ln \lambda_{A0} + \frac{1}{\alpha_4} \ln \varphi_0 + \frac{\alpha_2(1 - \alpha_4)}{\alpha_4} (\ln \zeta_{10} - \beta_{C1} \ln \psi_{10}) \\
&\quad + \frac{\alpha_2(1 - \alpha_4) - 1}{\alpha_4} \left(\ln \delta_0 - \iota \ln \xi_0 + (1 - \iota(1 - \beta_I)) \ln \psi_{20} \right).
\end{aligned}$$

Appendice E
Programmation STATA
(Force de préhension)

```

clear
set more off
set memory 200m
set matsize 2000
set scrollbufsize 500000
set maxvar 20000
use c:\data_nuage.dta

keep sujetno alch_t* regions groupage age sex pond* revfam*
situalt* sourc1t1 race scolar* nutscot* appetit* fumert* nbfume*
rscotott* walkint* lighspt* modespt* strespt* muscstt* heavhot*
lawnwot* paset* scotmst* gdst* smaf* tugt* mar4* mrap4mt*
tle5xt* maxvd0t* maxvg0t* maxbd0t* maxbg0t* maxqd0t* maxqg0t*
gen sexe = 1
replace sexe = 0 if sex==2
gen aget1 = age
gen aget2 = aget1 + 1
gen aget3 = aget2 + 1
gen aget4 = aget3 + 1
drop age sex
reshape long aget alch_t revfam* situalt fumert nutscot appetit
nbfumet rscotott walkint lighspt modespt sourc1t strespt muscstt
heavhot lawnwot paset scotmst gdst smafat smafbt smafct smafdt
smafet smaft tugt mar4mat mar4mbt mrap4mt tlev5xt maxvd0t maxvg0t
maxbd0t maxbg0t maxqd0t maxqg0t, i(sujetno) j(year)
duplicates list
rename sujetno id
tsset id year
rename nutscot dna
rename walkint pase_a
rename lighspt pase_b
rename modespt pase_c
rename strespt pase_d
rename muscstt pase_e
rename heavhot pase_f
rename lawnwot pase_g
rename smafat smaf_a
rename smafbt smaf_b
rename smafct smaf_c
rename smafet smaf_d
rename alch_t alcool
gen alcool2 = alcool * alcool
rename tlev5xt chaise
rename tugt tug
rename mrap4mt marr
rename smaft smaf
replace nbfumet=0 if fumert==1|fumert==3|fumert==0
rename nbfumet fum
drop fumert
rename rscotott diet
rename gdst gds
rename paset pase
rename scotmst mmms
rename scolart1 educ
rename aget age

```

```

replace mar4mat = 0 if mar4mat==.
replace mar4mbt = 0 if mar4mbt==.
gen marn = mar4mbt
replace marn = mar4mat if mar4mat>=mar4mbt
drop mar4mat mar4mbt
replace marn=. if marn<=0
replace maxvd0t = 0 if maxvd0t==.
replace maxvg0t = 0 if maxvg0t==.
gen preh = maxvg0t
replace preh = maxvd0t if maxvd0t>=maxvg0t
drop maxvd0t maxvg0t
replace preh=. if preh<=0
replace maxbd0t = 0 if maxbd0t==.
replace maxbg0t = 0 if maxbg0t==.
gen biceps = maxbg0t
replace biceps = maxbd0t if maxbd0t>=maxbg0t
drop maxbd0t maxbg0t
replace biceps=. if biceps<=0
replace maxqd0t = 0 if maxqd0t==.
replace maxqg0t = 0 if maxqg0t==.
gen quad = maxqg0t
replace quad = maxqd0t if maxqd0t>=maxqg0t
drop maxqd0t maxqg0t
replace quad=. if quad<=0
drop if id==15213
drop if id==63828&year==4
local var_x "alcool alcool2 diet fum gds mmms pase smaf"
local var_y "preh"
gen attri=1
replace attri=0 if alcool==.|diet==.|fum==.|gds==.|mmms==.
|pase==.|smaf==.
replace attri=0 if 'var_y'==.
sort id
by id: gen lag1_attri = attri[_n-1]
by id: gen lag2_attri = attri[_n-2]
replace attri=. if lag1_attri==0
replace attri=. if lag1_attri==1&lag2_attri==0
drop if attri==.
drop lag1_attri
drop lag2_attri
foreach var of varlist 'var_x' {
by id: gen lag3_'var' = 'var'[_n-3]
by id: gen lag2_'var' = 'var'[_n-2]
by id: gen lag1_'var' = 'var'[_n-1]
}
foreach var of varlist 'var_y' {
by id: gen ln_'var' = ln('var')
by id: gen ln3_'var' = ln_'var'[_n-3]
by id: gen ln2_'var' = ln_'var'[_n-2]
by id: gen ln1_'var' = ln_'var'[_n-1]
quietly probit attri age ln2_'var' lag2* if year==3
predict pred3_'var', xb
gen pdf3_'var' = normalden(pred3_'var')
gen cdf3_'var' = normal(pred3_'var')
gen imr3_'var' = pdf3_'var'/cdf3_'var'

```

```

replace imr3_`var`= . if year==4
replace imr3_`var`=0 if imr3_`var`==.
quietly probit attri age ln3_`var` ln2_`var` lag3* lag2*
if year==4
predict pred4_`var`, xb
gen pdf4_`var` = normalden(pred4_`var`)
gen cdf4_`var` = normal(pred4_`var`)
gen imr4_`var` = pdf4_`var`/cdf4_`var`
replace imr4_`var`=0 if imr4_`var`==.
gen imr_`var` = imr3_`var` + imr4_`var`
replace imr_`var`= . if imr_`var`==0
}
drop pred* pdf* cdf*
drop if attri == 0
sort id
by id: gen counter=_N
drop if counter<3
by id: egen max = max(year)
drop if counter==3&max==4
drop counter max
sort year
by year: xtsum `var_y`
by year: summarize age `var_y`
sum age `var_x` `var_y`
sort sexe
by sexe: sum age `var_x` `var_y`
by sexe: xtsum age `var_x` `var_y`
pwwcorr `var_x`, sig
quietly factor `var_x`
rotate, varimax
by id: replace imr_`var_y`=0 if year==2
gen d_imr_`var_y` = imr_`var_y`
sort id
by id: replace d_imr_`var_y` = imr_`var_y`[4] + imr_`var_y`[3]
if year==4
by id: replace imr_`var_y`= . if imr_`var_y`==0
reg ln_`var_y` ln1_`var_y`, robust cluster(id)
reg ln_`var_y` ln1_`var_y` age, robust cluster(id)
xtreg ln_`var_y` ln1_`var_y` age, fe robust
xtlsdvc ln_`var_y` age, initial(bb) first lsdv
local var dna pase_a pase_b pase_c pase_d pase_e pase_f pase_g
smaf_a smaf_b smaf_c smaf_d pase diet fum alcool gds smaf mmms"
foreach var of varlist `var` {
xtabond2 ln_preh ln1_preh age `var` d_imr_preh,
gmmstyle(L.ln_preh L.`var`) ivstyle(age d_imr_preh ) noleveleq
h(2) twostep robust
}
xtabond2 ln_preh ln1_preh age nutri fum mmms d_imr_preh,
gmmstyle(L.ln_preh L.nutri L.fum L.mmms)
ivstyle(age d_imr_preh ) noleveleq h(2) twostep robust

```