

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

EFFET DE LA RÉPARTITION DE TEMPS EN ACTIVITÉ PHYSIQUE,  
SÉDENTARITÉ ET SOMMEIL SUR LE FONCTIONNEMENT COGNITIF  
D'ADULTES ÂGÉS SELON UNE PERSPECTIVE 24 H

ESSAI DE 3<sup>e</sup> CYCLE PRÉSENTÉ  
COMME EXIGENCE PARTIELLE DU

DOCTORAT CONTINUUM D'ÉTUDES EN PSYCHOLOGIE  
(PROFIL INTERVENTION)

PAR  
NICOLAS BRIZARD

MAI 2024

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire, de cette thèse ou de cet essai a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire, de sa thèse ou de son essai.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire, cette thèse ou cet essai. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire, de cette thèse et de son essai requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES  
DOCTORAT CONTINUUM D'ÉTUDES EN PSYCHOLOGIE  
(PROFIL INTERVENTION) (D.Ps.)

**Direction de recherche :**

---

Benjamin Boller, Ph. D. directeur de recherche  
Université du Québec à Trois-Rivières

---

Guillaume T. Vallet, Ph. D. codirecteur de recherche  
Université du Québec à Trois-Rivières

**Jury d'évaluation :**

---

Benjamin Boller, Ph. D. directeur de recherche  
Université du Québec à Trois-Rivières

---

Paule Miquelon, Ph. D. évaluatrice interne  
Université du Québec à Trois-Rivières

---

Nicolas Berryman, Ph. D. évaluateur externe  
Université du Québec à Montréal

## Sommaire

Une nouvelle approche dans l'étude de l'impact de l'activité physique, de la sédentarité et du sommeil sur le fonctionnement cognitif propose de tenir compte du temps passé pour chacune de ces activités selon une perspective de 24 h. Plusieurs études rapportent un effet du mode de vie sur le vieillissement cognitif, notamment au niveau du fonctionnement exécutif et de la vitesse de traitement. L'objectif de ce projet est d'étudier l'impact de la répartition du temps entre ces activités sur le fonctionnement cognitif dans le vieillissement à l'aide de l'analyse compositionnelle des données (Coda; Dumuid et al., 2019). Pour ce faire, 53 participants âgés de 55 à 71 ans ont été recrutés par l'entremise d'une étude longitudinale portant sur les effets de la retraite sur le fonctionnement cognitif. Les comportements relatifs au mode de vie ont été mesurés par l'entremise de questionnaires autorapportés, soit le *Global Physical Activity Questionnaire* (GPAQ; Armstrong & Bull, 2006) pour l'activité physique et la sédentarité et l'*Index de Qualité du Sommeil de Pittsburgh* (IQSP; Buysse et al., 1989) pour le sommeil. La vitesse de traitement et les fonctions exécutives ont été mesurées par l'administration de deux épreuves cognitives soit le *Stroop*, issu de la batterie *Delis-Kaplan Executive Functions* (D-KEFS; Delis et al., 2001), et le *Trail Making Test version A et B* (Bowie & Harvey, 2006). Des analyses de régressions et des modèles de substitution isotemporelle basés sur le modèle CoDA ont été utilisés pour explorer les relations entre la durée de ces activités, réparties dans une journée, et les performances aux tests cognitifs. Les résultats indiquent que la répartition du temps de ces activités sur 24 h est associée à l'inhibition cognitive. Une augmentation de la performance est

observée lorsque 30 minutes de sommeil sont redistribuées en activité physique ou en sédentarité. Ces résultats appuient la pertinence d'utiliser un modèle davantage écologique tel que la perspective 24 h à l'aide de CoDA pour étudier l'impact du mode de vie sur le fonctionnement cognitif. Ils sont aussi susceptibles de modifier les recommandations en matière de prévention du déclin cognitif.

## Table des matières

Sommaire .....	iii
Liste des tableaux.....	viii
Liste des figures .....	ix
Remerciements.....	x
Introduction.....	1
Contexte théorique .....	4
Vieillessement cognitif.....	5
Modèles du vieillissement cognitif.....	6
Modèles des deux processus .....	6
Modèles de limitations des ressources.....	7
Hypothèse d'un ralentissement de la vitesse de traitement .....	8
Hypothèse d'un déficit exécutif.....	8
État des connaissances actuelles sur le vieillissement cognitif normal .....	11
Facteurs de risque et de protection du déclin cognitif associé au vieillissement.....	12
Mode de vie et déclin cognitif.....	14
Activité physique .....	14
Sédentarité.....	16
Sommeil .....	18
Conceptualisation 24 heures des comportements du mouvement .....	20
État des connaissances .....	20
Effets de la répartition du temps sur le fonctionnement cognitif.....	24

Analyse CoDA et fonctionnement cognitif.....	26
Objectifs et questions de recherche.....	28
Méthode .....	29
Participants.....	30
Instruments de mesure .....	32
Fonctionnement exécutif.....	32
Stroop (D-KEFS) .....	33
Trail Making Test .....	34
Sédentarité et activité physique .....	36
Évaluation du sommeil .....	37
Procédure .....	37
Analyses statistiques .....	38
Répartition du temps en activité physique, sédentarité et sommeil sur 24 h .....	38
Régressions linéaires simples et substitutions isotemporelles compositionnelles .....	40
Résultats .....	42
Statistiques descriptives préliminaires .....	43
Effet de la répartition du temps sur le fonctionnement cognitif .....	45
Discussion .....	52
Effet de la répartition du temps sur les fonctions exécutives et la vitesse de traitement .....	53
Substitution de temps des comportements spécifiques .....	55
Retombées et pistes de recherche futures .....	59

Forces et limites de l'étude .....	60
Conclusion .....	63
Références .....	65
Appendice A. Formulaire de confidentialité.....	80
Appendice B. Tests cognitifs et questionnaires administrés.....	88
Appendice C. Syntaxe CoDA et substitution isothermale .....	90



## Liste des tableaux

### Tableau

1	Caractéristiques des participants âgés ( $n = 53$ ) .....	31
2	Résultats aux tests cognitifs ( $n = 53$ ) .....	44
3	Régressions linéaires simples de la répartition du temps sur le fonctionnement cognitif .....	47

## Liste des figures

Figure

- 1 Diagramme ternaire de la distribution de la répartition du temps de l'échantillon.....45
- 2 Prédiction des modèles de substitution de temps sur la performance en inhibition .....48

## Remerciements

Je souhaite remercier en premier lieu mon directeur d'essai, Pr Benjamin Boller, ainsi que mon codirecteur, Pr Guillaume T. Vallet. Votre humanité, vos encouragements et votre croyance en mes capacités sont les trois ingrédients principaux qui ont permis l'aboutissement de ce projet. Vous m'avez transmis votre goût pour la recherche et j'espère pouvoir incarner mes futurs projets avec la même rigueur et bienveillance dont vous avez fait preuve. Merci énormément.

Je ne peux prétendre pouvoir nommer toutes les personnes m'ayant permis de grandir à travers ces quatre longues années. J'espère ainsi m'en tirer en remerciant l'ensemble de mes amis, collègues, professeurs et chargés de cours qui m'ont accompagné de près et de loin lors de mon parcours doctoral. Vous côtoyer durant ces années ont été pour moi un grand plaisir et un privilège.

Je souhaite aussi remercier mon père Pierre, ma mère France ainsi que mon frère Alexandre. Merci d'avoir cru en mes ambitions. Vous êtes toutes des personnes exceptionnelles et je vous aime grandement.

Je remercie en toute fin ma bien-aimée, Joanie. Ces sept années avec toi sont parmi mes plus belles. Grâce à toi et avec toi, j'ai redécouvert l'art, la poésie et surtout la capacité à m'émerveiller et contempler la beauté environnante. Toutes ces choses comptent parmi celles m'ayant permis de traverser indemne mon parcours doctoral. Va

sans dire que j'attends à bras ouverts nos prochaines aventures, ou « micro-aventures », puisque même le quotidien est rempli de découvertes en ta présence.

## **Introduction**

Le vieillissement de la population dans les sociétés occidentales constitue une réalité qui est maintenant bien connue et documentée. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2015), il est estimé que la proportion de personnes âgées de 60 ans et plus devrait augmenter de 34 % entre 2015 et 2050. D'ici 2030, ce sera une personne sur six à travers le monde qui sera âgée de 60 ans ou plus. L'amélioration des soins de santé et l'augmentation de l'espérance de vie constituent les deux principaux facteurs responsables de ce phénomène. Or, ce changement au niveau démographique représente un coût monétaire élevé pour les sociétés et implique plusieurs défis majeurs tels que l'adaptation des systèmes sociaux et de santé à cette nouvelle réalité démographique.

En plus d'engendrer des répercussions au niveau économique, le vieillissement de la population est très important au niveau sanitaire, dans la mesure où l'âge correspond à l'un des principaux facteurs de risque quant au développement de problématiques de santé de toutes sortes. Plus un individu vieillit, plus celui-ci est à risque de développer des incapacités physiques ou cognitives (Murman, 2015; Zimmerman et al., 2021) pouvant interférer avec son fonctionnement quotidien. Parmi les fonctions cognitives affectées par le vieillissement, les fonctions exécutives et la vitesse de traitement seraient particulièrement sensibles aux effets de l'âge (Cornelis et al., 2019; Hughes et al., 2018).

La pratique d'activité physique constitue l'un des facteurs particulièrement prometteurs afin de limiter les effets du vieillissement sur le fonctionnement exécutif et la vitesse de traitement. Cependant, plusieurs problèmes méthodologiques liés à ces études limitent la validité des conclusions tirées jusqu'à présent. En effet, la majorité de ces études ne tiennent pas en compte la nature interdépendante de l'activité physique avec d'autres variables telles que la sédentarité et le sommeil. Cette interdépendance s'explique notamment par le fait que l'ensemble de ces comportements s'inscrivent dans une journée limitée à 24 heures et que l'augmentation de la durée dédiée à l'un de ces comportements entraîne automatiquement un changement dans l'un ou plusieurs des autres comportements.

L'application de l'analyse compositionnelle des données (CoDA) dans l'étude des effets de l'activité physique sur le fonctionnement cognitif des personnes âgées permettrait de tenir compte de cette interdépendance temporelle en analysant le temps en activité physique en relation avec le temps en sédentarité et en sommeil. C'est ce qui constitue la visée du présent essai.

## **Contexte théorique**



Cette section vise dans un premier temps à brosser un portrait des effets du vieillissement normal sur le fonctionnement cognitif. Ensuite, la relation entre la santé vasculaire et la santé cognitive sera explicitée en listant brièvement les principaux facteurs de risque ou de protection.

### **Vieillessement cognitif**

La cognition correspond à un ensemble complexe et varié de fonctions cognitives spécifiques telles que la mémoire, l'attention, la perception, le langage et les fonctions exécutives. Bien que le vieillissement soit bel et bien associé à une diminution globale des fonctions cognitives, il est possible de distinguer plusieurs trajectoires dans lesquelles se situent le vieillissement pathologique et le vieillissement normal. Le vieillissement pathologique fait référence à l'affectation des fonctions cognitives sous-jacentes au développement d'une pathologie (p. ex., maladie d'Alzheimer, maladie à corps de Lewy, Parkinson, etc.). Quant à lui, le vieillissement cognitif normal fait référence au processus de sénescence par lequel, au travers d'une lente dégradation au niveau cellulaire, un individu connaît des modifications, dont des altérations cérébrales. La sénescence est notamment associée à une diminution de la densité cérébrale globale, une perte de synapses, une diminution de la matière grise, en particulier au niveau du cortex préfrontal, et des modifications dans la structure neuronales (Murman, 2015). Par conséquent, ces modifications entraînent une diminution de certaines habiletés

cognitives sans que celles-ci ne soient explicables par le développement d'une quelconque pathologie (Harada et al., 2013; Murman, 2015). Le déclin cognitif noté à travers le vieillissement serait associé à ces changements cérébraux et neuronaux.

### **Modèles du vieillissement cognitif**

Il existe une multitude d'hypothèses et de modèles explicatifs qui ont été élaborés afin de mieux comprendre les effets du vieillissement normal sur le fonctionnement cognitif. Au travers de ces différentes tentatives, il y a notamment le modèle des deux processus (Cattell, 1987) et les modèles de limitation des ressources (Craik & Byrd, 1982; Salthouse, 1996; West, 1996).

#### ***Modèles des deux processus***

Historiquement, l'étude de la cognition dans le vieillissement a reposé sur la théorie de l'intelligence fluide et cristallisée élaborée par Horn et Cattell (1966). L'intelligence dite « fluide » désigne la capacité à penser logiquement et à résoudre des problèmes dans des situations nouvelles, indépendamment des connaissances acquises. À l'inverse, l'intelligence « cristallisée » réfère aux habiletés liées aux connaissances et aux expériences personnelles. La première est donc principalement mesurée à l'aide de tests axés sur les habiletés de résolution de problèmes, tandis que la seconde est plutôt mesurée à l'aide de tests de vocabulaire et de connaissances générales (Angel & Isingrini, 2015).

Ce modèle est particulièrement pertinent, puisqu'il correspond à l'un des premiers ayant dénoté des effets de l'âge sur le vieillissement cognitif, en illustrant que la composante fluide, et non la composante cristallisée, avait tendance à décliner avec l'âge (Cattell, 1987). Les études réalisées à partir de ce modèle suggéreraient donc que certains aspects spécifiques du fonctionnement cognitif sont plus susceptibles de décliner naturellement avec l'âge que d'autres.

Selon Angel et Isingrini (2015), ce modèle demeure cependant limité dans le niveau de compréhension qu'il permet d'obtenir concernant les liens unissant vieillissement et cognition. Les construits d'intelligence fluide et cristallisée regroupent un ensemble varié de fonctions cognitives, puisqu'ils cherchent essentiellement à faire ressortir le potentiel intellectuel d'un individu. Ce modèle ne permet donc pas adéquatement de distinguer les effets spécifiques du vieillissement sur des fonctions cognitives précises et les différentes trajectoires possibles. En raison de ces limites, plusieurs autres modèles conceptuels et hypothèses, issus de modèles cognitifs, ont été élaborés afin de mieux comprendre les effets du vieillissement sur les capacités cognitives, dont les modèles de limitations des ressources.

### ***Modèles de limitations des ressources***

Les modèles de limitations des ressources suggèrent que les fonctions cognitives nécessitent une capacité déterminée de ressources cognitives. Toujours selon ces modèles, le vieillissement entraînerait naturellement une diminution de la quantité de

ressources cognitives disponibles, ce qui résulterait au fil de l'avancée en âge en l'apparition de difficultés cognitives (Anderson & Craik, 2017). Deux hypothèses explicatives du vieillissement cognitif ont été proposées en fonction de cette conception de « ressource cognitive » (Salthouse, 1996; West, 1996).

**Hypothèse d'un ralentissement de la vitesse de traitement.** Selon Salthouse (1996), le vieillissement cognitif proviendrait d'un ralentissement graduel de la vitesse de traitement de l'information, qui désigne la rapidité à laquelle l'information est identifiée, analysée et intégrée. Ce ralentissement influencerait le fonctionnement cognitif par deux processus distincts. Premièrement, puisque plusieurs tâches cognitives reposent sur une limite temporelle précise, une diminution de la vitesse de traitement de l'information pourrait résulter en l'incapacité de réaliser une tâche dans les délais circonscrits. Deuxièmement, le ralentissement de la vitesse de traitement viendrait aussi affecter la quantité d'information pouvant être traitée de façon simultanée, puisque plus de temps est nécessaire. Or, puisque cette capacité à considérer simultanément plusieurs informations est souvent nécessaire à la réalisation d'une tâche, les difficultés cognitives associées au vieillissement proviendraient d'une diminution de l'efficacité des processus cognitifs, qui se traduirait par une diminution de la vitesse de traitement de l'information, plutôt que par des déficits spécifiques.

**Hypothèse d'un déficit exécutif.** D'autres auteurs proposent plutôt que le déclin cognitif proviendrait d'un déclin graduel des fonctions exécutives avec l'âge (West,

1996). Les fonctions exécutives sont responsables d'organiser, de planifier et d'exécuter un comportement afin d'atteindre un but (Goldstein & Naglieri, 2014). Selon le modèle de Miyake et al. (2000), aussi nommé le modèle d'unité et de diversité des fonctions exécutives, les fonctions exécutives comprennent trois dimensions, soit : (1) la mise à jour en mémoire de travail; (2) la flexibilité cognitive; et (3) l'inhibition. La dimension de mise à jour en mémoire de travail désigne la capacité d'une personne à coder, manipuler et réviser les informations entrantes en fonction de leur pertinence pour réaliser la tâche en cours. La flexibilité cognitive désigne la capacité d'un individu à s'adapter aux nouvelles situations ou aux changements. Finalement, la capacité d'inhibition renvoie à la capacité à retenir délibérément une réponse automatique ou prépondérante lorsque cela est nécessaire afin de fournir une réponse adaptée à la situation.

Le modèle de Miyake et al. (2000) conçoit que ces trois dimensions exécutives partagent une certaine relation dans la mise en action (aspect d'unité) tout en étant des processus spécifiques et relativement distincts (aspect de diversité). Une des pistes d'explication de ces auteurs face à la relation entre la flexibilité cognitive, la capacité de mise à jour en mémoire de travail et l'inhibition est que l'ensemble de ces trois dimensions implique une inhibition inhérente afin de fonctionner adéquatement.

Plusieurs études appuient le rôle des fonctions exécutives comme potentielles ressources cognitives pouvant contribuer au déclin cognitif. Par exemple, dans une étude

de McCabe et al. (2010), le niveau de performance à des tâches évaluant les capacités exécutives constituait un prédicteur important du déclin de la mémoire épisodique vécue avec l'avancée en âge (McCabe et al., 2010). De plus, dans l'étude de Gunstad et al. (2006), un niveau de performance plus faible d'adultes âgés a été mis en évidence à des tâches évaluant les capacités exécutives comparativement à de jeunes adultes. Parmi les personnes âgées présentant des difficultés de mémoire, cette étude relève trois types de profils de difficultés cognitives : (1) un profil de difficultés au niveau des fonctions exécutives; (2) un profil de difficultés où la vitesse de traitement réduite; et (3) un profil de difficultés caractérisé par un déclin au niveau du fonctionnement cognitif global.

Bien que l'hypothèse d'un déficit en vitesse de traitement (Salthouse, 1996) et l'hypothèse d'un déficit exécutif (West, 1996) constituent deux théories concurrentes du vieillissement cognitif, celles-ci ne seraient pas mutuellement exclusives et partageraient une variance commune (Albinet et al., 2012). Sans pour autant neutraliser la valeur des modèles explicatifs élaborés précédemment, Albinet et al. (2012) soutiennent l'idée que le vieillissement cognitif normal puisse être une réalité plus complexe que le déclin de capacités cognitives engendré par le déficit d'une fonction cognitive spécifique. En ce sens, les recherches récentes tendent dorénavant à étudier le déclin cognitif par fonction plutôt que par modèle général du vieillissement cognitif.

### **État des connaissances actuelles sur le vieillissement cognitif normal**

Depuis les travaux initiés par Cattell (1987), Salthouse (1996) et West (1996), plusieurs études se sont intéressées aux trajectoires du déclin cognitif à travers le vieillissement. L'une des études les plus célèbres à cet égard est celle effectuée par Park et Reuter-Lorenz (2009). Cette étude a mis en évidence que des capacités cognitives comme la vitesse de traitement de l'information et la mémoire de travail déclinent avec l'âge tandis que d'autres capacités cognitives comme la mémoire sémantique restent préservées des effets de l'avancée en âge (Harada et al., 2013; Park & Reuter-Lorenz, 2009). Cette conclusion est depuis celle qui prévaut dans la littérature scientifique, ayant notamment été appuyée par de nombreuses études auprès de populations diverses telles qu'américaines (Hartshorne & Germine, 2015; Hughes et al., 2018), canadiennes (Tuokko et al., 2017), britanniques (Cornelis et al., 2019) et chinoises (Li et al., 2014).

Au-delà des tendances générales qui peuvent être observées dans les trajectoires de déclin cognitif normal, les études actuelles illustrent également que le déclin cognitif est marqué par une grande hétérogénéité interindividuelle (Hughes et al., 2018; Salthouse, 2010, 2012). Dans ce contexte, plusieurs auteurs ont étudié le rôle de facteurs externes au fonctionnement cognitif dans le déclin cognitif associé au vieillissement (Harada et al., 2013; Plassman et al., 2010).

### **Facteurs de risque et de protection du déclin cognitif associé au vieillissement**

Les facteurs de risque et de protection au déclin cognitif associés au vieillissement peuvent être d'origine individuelle, environnementale et sociétale (de Bruijn et al., 2015; Livingston et al., 2017, 2020; Norton et al., 2014). Dans le cadre d'une mise à jour de la commission sur la prévention de la démence de la revue *Lancet* publiée en 2017, Livingstone et al. (2020) rapportent que les facteurs de risque et de protection constituent actuellement l'une des voies les plus prometteuses dans la prévention des déficits cognitifs et de développement de troubles neurocognitifs. Ces facteurs détermineraient près de 40 % du risque de développer ces maladies. Dans cette publication, les auteurs présentent 12 facteurs de risque associés au déclin cognitif identifiés par les données empiriques. Ces facteurs sont le niveau d'éducation, la perte de l'audition, l'activité physique et l'inactivité physique, l'alimentation, le diabète, l'hypertension, l'obésité, la consommation de cigarette, la consommation excessive d'alcool, la dépression, les contacts sociaux, la qualité de l'air et le sommeil. Étant donné que des facteurs modifiables expliquent une part de l'hétérogénéité dans les profils de ceux qui développent un trouble neurocognitif, il est probable que ces mêmes facteurs puissent expliquer une partie de l'hétérogénéité du déclin cognitif dans le vieillissement normal (Plassman et al., 2010). Cet amalgame de facteurs de risque et de protection illustre bien la complexité et la variété des facteurs pouvant influencer positivement ou négativement le déclin cognitif associé à l'âge. Cela illustre aussi que le déclin cognitif vécu avec l'âge ne constitue pas une réalité inévitable et qu'une partie du vieillissement cognitif serait modulable (Livingston et al., 2020).



Parmi les facteurs de risque du déclin cognitif recensés par Livingston et al. (2020), plusieurs peuvent être expliqués, au moins partiellement, par leur lien avec la santé vasculaire. Par exemple, l'activité physique, la sédentarité, la consommation d'alcool, la consommation de tabac, l'hypertension, le diabète et l'obésité correspondent à des facteurs ayant été ciblés comme ayant un lien avec la santé vasculaire et cognitive (Peters et al., 2019; Qiu & Fratiglioni, 2015; Song et al., 2005). Parmi celles-ci, les variables liées au mode de vie, telles que l'activité physique et la sédentarité, correspondraient à deux des facteurs les plus fortement corrélés à la santé vasculaire et physique (Villeneuve et al., 2014). L'activité physique viendrait notamment améliorer le fonctionnement neurovasculaire et le débit sanguin cérébral (Barnes & Corkery, 2018; Cotman et al., 2007; Davenport et al., 2012; Hillman et al., 2008) en plus d'être associée à une diminution du déclin cognitif (Blondell et al., 2014).

L'effet de ces facteurs sur le déclin cognitif serait additif. Autrement dit, plus une personne présenterait un nombre élevé de facteurs de risque vasculaires, plus celle-ci serait à risque de présenter un déclin cognitif plus important (Qiu & Fratiglioni, 2015; Toth et al., 2017; Villeneuve et al., 2014; Yaffe et al., 2021). Une plus grande considération des facteurs de risque vasculaire, particulièrement les facteurs liés au mode de vie qui y sont fortement corrélés (Zimmerman et al., 2021), pourrait ainsi permettre de mieux cibler les personnes vulnérables à connaître un déclin cognitif avec l'âge et atténuer les effets de l'âge sur la cognition.

## **Mode de vie et déclin cognitif**

Dans cette section, les effets spécifiques de l'activité physique, de la sédentarité et du sommeil et leur impact sur le fonctionnement cognitif seront détaillés.

### **Activité physique**

Parmi l'ensemble des variables du mode de vie, l'activité physique constitue l'un des facteurs les plus documentés empiriquement quant à son effet protecteur sur le vieillissement cognitif normal et pathologique (Domingos et al., 2021; Etnier et al., 2019). Blondell et al. (2014) ajoutent même qu'il existe suffisamment de preuves de cette relation pour parler d'un lien de causalité. Par ailleurs, les bienfaits de l'activité physique ont conduit à établir des recommandations sur la pratique régulière d'activité physique afin de diminuer les effets du vieillissement sur la santé physique, cognitive et mentale (Bull et al., 2020). Selon les *Directives canadiennes en matière de mouvement* (Ross et al., 2020), 150 minutes par semaine devraient être dédiées à la pratique d'activité d'intensité modérée chez les adultes, qu'ils soient jeunes ou âgés.

Les connaissances quant à l'effet de l'activité physique sur le fonctionnement cognitif proviennent de deux types d'études, celles interventionnelles, où la variable activité physique est manipulée, et celles observationnelles, où la relation entre activité physique et fonctionnement cognitif est étudiée. Les études interventionnelles évaluent l'effet de la pratique d'exercices physiques sur le fonctionnement cognitif plutôt que d'évaluer l'effet général de l'activité physique (Bherer et al., 2013). Or, l'activité

physique et les exercices physiques ne correspondent pas exactement aux mêmes construits. Les exercices physiques sont une forme plus structurée d'activités physiques visant généralement à augmenter la forme cardiovasculaire (Caspersen et al., 1985). Les études interventionnelles mettent en évidence que les adultes âgés ayant suivi un programme d'activité physique présentent une augmentation de leur performance cognitive (Albinet et al., 2010; Colcombe & Kramer, 2003). Des méta-analyses portant sur l'efficacité des programmes d'entraînement aérobique sur le fonctionnement cognitif indiquent que celles-ci entraîneraient une meilleure performance cognitive notamment au niveau des fonctions exécutives de la vitesse de traitement de l'information et de l'attention, avec une amélioration plus marquée au niveau des fonctions exécutives (Erickson et al., 2019; Northey et al., 2018; Smith et al., 2010).

Les études observationnelles, qui sont traditionnellement des études transversales ou prospectives, cherchent, quant à elles, à étudier la relation entre les variables d'intérêt, sans néanmoins manipuler l'une ou l'autre de ces variables. Une méta-analyse réalisée par Blondell et al. (2014) sur les études transversales ou prospectives conclut que l'activité physique constituerait un facteur de protection face au déclin cognitif. Le niveau d'activité physique prédit la performance cognitive des individus six années plus tard à des tâches évaluant la mémoire de travail, la vitesse de traitement de l'information, les capacités d'attention et le fonctionnement cognitif global (Bherer et al., 2013; Erickson et al., 2019). Un niveau faible d'activité physique à intensité modérée ou vigoureuse a également été associé à un score plus faible aux échelles de

fonctionnement cognitif global, de mémoire verbale, et de fonctions exécutives (Falck, Davis et al., 2017; Falck, Landry et al., 2017).

Ayant longtemps ayant été conceptualisée comme une forme d'inactivité physique (Magnon et al., 2018), des travaux récents suggèrent que la sédentarité possède des effets distincts et indépendants de l'inactivité physique sur le fonctionnement cognitif et sur la santé générale (Coelho et al., 2020; Falck, Landry et al., 2017). Elle serait associée au développement de maladies cardiovasculaires et de maladies musculosquelettiques, et ce, indépendamment du niveau d'activité physique (Saunders et al., 2020).

### **Sédentarité**

L'intérêt pour la sédentarité et la reconnaissance que celle-ci constitue un enjeu global en matière de santé publique sont assez récents. À cet effet, Fang et al. (2021) rapportent que le nombre d'études sur le sujet a quintuplé dans les dix dernières années. La définition de la sédentarité la plus acceptée est celle proposée par Tremblay et al. (2017, p. 9) qui définit un comportement sédentaire comme « toute situation d'éveil caractérisée par une dépense énergétique inférieure ou égale à 1,5 équivalents métaboliques (METs) en position assise, inclinée ou allongée ». L'utilisation de cette définition, en plus de permettre de distinguer conceptuellement la sédentarité de l'inactivité physique, a comme avantage de permettre de mesurer avec une plus grande précision les comportements sédentaires (Tremblay et al., 2017).

Selon Magnon et al. (2018), cette définition ne tiendrait pas compte de toute la complexité entourant ce concept, puisqu'elle ne permettrait pas d'avoir une vue d'ensemble sur la sédentarité et ses caractéristiques au long terme, limitant ainsi son applicabilité. Par exemple, cette définition ne spécifie pas la fréquence et la durée requise pour parler d'un mode de vie sédentaire. Néanmoins, ce changement dans la conceptualisation de la sédentarité a notamment permis de mieux illustrer et comprendre les effets de comportements sédentaires sur la santé d'un individu en offrant la possibilité qu'il puisse être tout à fait possible qu'un individu soit sédentaire tout en étant actif physiquement (Voss et al., 2014).

La relation entre les comportements sédentaires et le fonctionnement cognitif demeure controversée (Falck, Landry et al., 2017; Mellow et al., 2022; Olanrewaju et al., 2020). Certaines études rapportent un lien négatif avec le fonctionnement cognitif, particulièrement au niveau des fonctions exécutives (Falck, Davis et al., 2017), alors que d'autres rapportent une association positive (Kesse-Guyot et al., 2012) ou même aucune relation (Maasackers et al., 2020). Selon des revues de la littérature et des méta-analyses récentes, la relation entre la sédentarité et le fonctionnement cognitif est faible et varie selon la conceptualisation de la sédentarité (p. ex., temps total assis, temps à écouter la télévision) et les domaines cognitifs évalués (Dillon et al., 2022; Olanrewaju et al., 2020). De plus, la façon de mesurer la sédentarité peut varier selon les études. Certaines optent pour l'utilisation de mesures objectives (p. ex., Falck, Landry et al., 2017), qui établissent le niveau de sédentarité en calculant par exemple la dépense métabolique

quotidienne d'un individu, et d'autres utilisent plutôt des mesures subjectives, qui sont généralement des questionnaires (p. ex., Wei et al., 2021). La disparité des conclusions s'expliquerait également par le fait que tous les comportements sédentaires ne posséderaient pas le même impact sur le fonctionnement cognitif (Wanders et al., 2021). La complexité cognitive sous-jacente à la tâche effectuée lorsqu'un individu est assis influencerait l'aspect délétère de la sédentarité. Par exemple, être assis à écouter la télévision serait associé à davantage de déclin cognitifs tandis que cet effet ne serait pas relevé lorsque qu'un individu travaille sur un ordinateur assis (Wanders et al., 2021). Enfin, un autre aspect pouvant expliquer cette hétérogénéité des résultats concernerait la relation unissant la sédentarité avec d'autres facteurs tels que la fréquence d'activité physique et la durée du sommeil. L'effet concomitant de ces trois variables sera davantage détaillé dans la section concernant les effets de temps alloué à ces trois types d'activité.

## **Sommeil**

Plusieurs études suggèrent que le sommeil est étroitement associé au fonctionnement cognitif tout au long de la vie (Lo et al., 2016; Mason et al., 2021). Dans le vieillissement, cette relation entre le sommeil et le fonctionnement cognitif est notamment illustrée par la présence de relations entre le nombre d'heures de sommeil autorapporté et le développement de maladies liées à l'âge (Lou et al., 2015; Zhang et al., 2014). Dans le vieillissement normal, des changements sont notés au niveau de la qualité et de la quantité de sommeil. Ces changements seraient également caractérisés

par une forte hétérogénéité interindividuelle, signifiant que certains peuvent voir leurs habitudes de sommeil grandement changées alors que d'autres peuvent n'en vivre que peu (Koffel et al., 2023). Or, les perturbations du sommeil sont associées à un risque accru de connaître un déclin cognitif accentué. La relation entre un sommeil perturbé et le déclin cognitif pourrait même se rapprocher d'un potentiel lien de cause à effet (Wennberg et al., 2017).

L'effet de la durée totale de sommeil sur le fonctionnement cognitif prend la forme d'une relation en U inversé indiquant qu'autant un excès qu'un manque d'heures de sommeil sont associés à des répercussions négatives sur le fonctionnement cognitif (Li et al., 2022; Lo et al., 2016). Ma et al. (2020) rapportent qu'une durée de sommeil insuffisante, qu'ils établissent à quatre heures ou moins par nuit, et une durée de sommeil excessive, établie à dix heures ou plus par nuit dans cette étude, est associée à une accentuation du déclin cognitif lié à l'âge. Les fonctions cognitives affectées incluent le fonctionnement cognitif global, la mémoire épisodique verbale et les fonctions exécutives (Ma et al., 2020). De leur côté, Li et al. (2022) rapportent qu'une nuit de sommeil inférieure à 6 heures ou supérieure à 8 heures est associée à un effet négatif sur le fonctionnement cognitif avec l'âge. Cependant, ceux-ci ont utilisé une mesure globale du fonctionnement cognitif, qui repose sur un ensemble varié de fonctions telles que l'attention, la mémoire épisodique et les habiletés visuospatiales, ce qui peut expliquer la différence entre les deux études.

Le temps en sommeil, comme celui dédié en activité physique et en sédentarité, vient influencer le niveau de déclin cognitif normal chez les personnes âgées. Cependant, bien que ces trois types de comportements soient tous déterminés par la limite de 24 heures qu'impose une journée, peu d'études ont employé une conception qui tient en compte de cette interdépendance temporelle pour mesurer leurs effets sur la cognition (Mellow et al., 2022). En ce sens, une nouvelle approche, s'intéressant à la répartition du temps alloué à chacun de ces types de comportements au cours d'une journée, propose que ces trois types de comportements soient étudiés de manière conjointe en considérant leur relation temporelle interdépendante (*Time-Use Epidemiology*; Pedišić et al., 2017).

### **Conceptualisation 24 heures des comportements du mouvement**

Cette section abordera l'interdépendance temporelle entre l'activité physique, le sommeil et la sédentarité. Les implications concernant l'étude du fonctionnement cognitif dans le vieillissement sera aussi abordé.

### **État des connaissances**

L'activité physique, la sédentarité et le sommeil sont tous circonscrits dans un cadre temporel limité à 24 heures. Non seulement ceux-ci reposent sur une notion de temps, mais l'inclusion de ces trois comportements dans un même modèle permet aussi d'obtenir l'ensemble des 24 heures que compose une journée. En effet, une journée



complète se découpe nécessairement entre les heures où un individu est actif, sédentaire et endormi.

Cette conceptualisation a plusieurs implications au niveau de l'opérationnalisation de ces variables (Dumuid et al., 2020). D'une part, il est a priori impossible d'augmenter indéfiniment le temps alloué à chaque activité, puisqu'une journée est restreinte à 24 heures. D'autre part, un changement dans le temps consacré à l'un de ces types de comportements implique automatiquement de diminuer ou d'augmenter le temps initialement dédié aux deux autres types de comportements (Mellow et al., 2022). Ainsi, si un individu souhaite par exemple augmenter de 30 minutes par jour son temps en activité physique, celui-ci doit parallèlement diminuer son temps en sommeil ou en comportements sédentaires. Or, les analyses traditionnellement employées pour étudier les effets de chacun de ces types de comportements sur les capacités cognitives ne tiennent pas compte de l'interdépendance qu'entretiennent ces types de comportements. Les résultats de ces analyses seraient donc affectés au niveau de leur validité écologique (Pedišić et al., 2017).

Dumuid et al. (2020) mentionnent que les recommandations visant uniquement à augmenter un comportement, par exemple le temps dédié à la pratique d'activité physique, ne seraient pas adaptées à la réalité. Sans l'adoption d'une perspective 24 heures, il est impossible de savoir si l'effet de l'augmentation de l'activité physique est le même selon si le temps est pris au niveau du sommeil ou des comportements

sédentaires (Dumuid et al., 2020). En ce sens, les recommandations misant sur des agissements tels que « bougez plus, restez moins assis » seraient possiblement plus représentatives du phénomène réel, puisqu'elles y incluent l'interdépendance temporelle unissant ces deux activités. Au Canada, des directives s'appuyant sur cette idée d'interdépendance temporelle ont par ailleurs été émises par Ross et al. (2020) en lien avec les habitudes en matière de sédentarité, d'activité physique et de sommeil. Les directives canadiennes en matière de mouvement sur 24 heures pour les adultes de 18 à 64 ans et de 65 ans et plus stipulent de fournir « des recommandations fondées sur des données probantes pour une journée en santé (24 heures) comprenant une combinaison de sommeil, de comportements sédentaires, d'activité physique d'intensité légère et d'intensité modérée à vigoureuse » (Ross et al., 2020, p. 2).

Malgré les récents avancements dans le domaine, il demeure que peu d'études adoptent une perspective temporelle sur 24 heures pour répertorier les effets de l'activité physique, la sédentarité et le sommeil sur la santé générale et cognitive (Janssen et al., 2020). Cette constatation peut notamment s'expliquer par le fait que, jusqu'à récemment, aucun modèle statistique ne permettait de considérer adéquatement la limite de 24 heures. La première utilisation d'une méthode statistique permettant de rendre compte de cette particularité temporelle entre l'activité physique, la sédentarité et le sommeil provient de Chastin et al. (2015). Dans cette étude, les auteurs ont utilisé l'analyse compositionnelle des données (CoDA), méthode initialement utilisée dans les domaines de la géographie et de la chimie. CoDA permet d'estimer comment la

répartition du temps entre ces comportements peut venir influencer une variable d'intérêt en les restreignant à l'intérieur d'une constante (24 heures). Une des utilisations communément faites de l'analyse est d'évaluer les effets de déplacer un temps défini (p. ex., 30 minutes) d'un comportement (p. ex., sédentarité) à un autre (p. ex., activité physique). Le lecteur intéressé à en apprendre davantage sur les spécificités et les applications de CoDA est invité à consulter les références suivantes : Dumuid et al. (2020) pour l'application de l'analyse à l'étude de l'activité physique et van den Boogaart et Tolosana-Delgado (2013) pour un ouvrage de référence étoffé, mais non spécifique à l'étude de l'activité physique, la sédentarité et le sommeil.

Parmi les études ayant utilisé CoDA chez les adultes âgés, la répartition du temps en activité physique, sédentarité et sommeil a été associée à la santé cardiovasculaire (Chastin et al., 2015), au risque de mortalité toutes causes confondues (Chastin et al., 2021; McGregor et al., 2021) et à la santé mentale (Cabanas-Sánchez et al., 2021; Olds et al., 2018). Les conclusions de ces études vont généralement dans le sens où privilégier le temps en activité physique ou en sommeil, au détriment du temps en sédentarité, serait bénéfique pour la santé. Toutefois, elles établissent également certaines nuances. Par exemple, le temps total passé en activités physiques d'intensité modérée à vigoureuse est associé à un risque moins élevé de mortalité, toutes causes confondues, mais cette relation est modulée négativement par le temps total dépensé dans les activités physiques d'intensité légère et dans les comportements sédentaires (Chastin et al., 2021).

Peu d'études se sont intéressées aux effets du mode de vie sur le fonctionnement cognitif des personnes âgées. Une revue systématique de la littérature effectuée par Mellow et al. (2022) recensent uniquement deux études de qualité incluant les trois comportements (activité physique, sédentarité, sommeil) sous un même modèle statistique (Fanning et al., 2017; Wei et al., 2021) telles que présentées ci-après.

### **Effets de la répartition du temps sur le fonctionnement cognitif**

Dans leur étude longitudinale portant sur l'association entre le sommeil, l'activité physique et la sédentarité sur le fonctionnement cognitif de 3086 adultes âgés de 60 ans et plus, Wei et al. (2021) rapportent que remplacer 30 minutes d'activités sédentaires par jour par 30 minutes d'activité physique d'intensité modérée ou vigoureuse est associée avec un meilleur fonctionnement cognitif. Plus précisément, chez les individus dormant environ sept heures, remplacer les activités sédentaires par des activités physiques est associé à une meilleure performance au niveau des fonctions exécutives, de la mémoire épisodique verbale, du fonctionnement cognitif global et chez ceux dormant moins de 7 heures par jour uniquement, de la fluence verbale. Remplacer 30 minutes de sommeil par 30 minutes d'activités sédentaires ou d'activités physiques modérées ou vigoureuses est également associé à une meilleure performance au niveau des fonctions exécutives, des capacités de mémoire épisodique verbale, de la fluence verbale et du fonctionnement cognitif global.

Dans une autre étude menée auprès de 247 adultes âgés de 60 à 79 ans, Fanning et al. (2017) ont évalué l'effet du sommeil, de la sédentarité et de l'activité physique sur la cognition. Les comportements sédentaires et l'activité physique ont été mesurés à l'aide d'un accéléromètre. Le sommeil a, quant à lui, été mesuré à l'aide d'un questionnaire de sommeil, le *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI). Les auteurs rapportent que substituer le temps dépensé en comportements sédentaires par du temps dédié en sommeil ou à la pratique d'activité physique d'intensité modérée est associé à une meilleure flexibilité cognitive et une meilleure mémoire de travail. Ils rapportent également que remplacer le temps en comportements sédentaires par la pratique d'activité physique d'intensité légère n'est associé à aucun gain au niveau de la performance cognitive.

Malgré l'aspect novateur de ces deux études, celles-ci n'ont pas employé une méthode d'analyse basée sur CoDA. Les auteurs de ces études ont estimé les effets d'une répartition de temps d'un comportement à un autre en utilisant des modèles de substitution isotemporelle selon une approche analytique standard, ce qui ne prend pas en compte l'interdépendance temporelle inhérente entre ces trois types de comportements. Selon Gupta et al. (2018), l'utilisation de méthodes analytiques traditionnelles dans l'étude de l'activité physique, de la sédentarité et du sommeil peuvent mener à des résultats trompeurs et distincts de ceux obtenus par l'analyse CoDA. Depuis la revue systématique de Mellow et al. (2022), quelques études ont cependant évalué l'effet de la répartition du temps en activité physique, en sédentarité et

en sommeil en adoptant un cadre méthodologique basé sur l'analyse CoDA, permettant ainsi de tenir compte de l'aspect temporel (Dumuid et al., 2022; Mellow et al., 2022).

### **Analyse CoDA et fonctionnement cognitif**

Dumuid et al. (2022) ont vérifié les effets de la répartition du temps en activité physique, sédentarité et sommeil chez des adultes âgés de 50 à 80 ans ( $N = 82$ ). Ils ont illustré que la répartition de ces comportements sur 24 h est associée au fonctionnement cognitif global et aux fonctions exécutives en comparant si les effets d'une redistribution de temps étaient les mêmes selon si un individu possédait ( $n = 22$ ) ou non ( $n = 60$ ) un risque génétique de développer un trouble neurocognitif. Leurs résultats indiquent que, même si la répartition de l'activité physique, du sommeil et de la sédentarité est associée au fonctionnement cognitif dans les deux groupes, les associations sont de plus grandes envergures chez les participants ayant au moins un allèle du gène APOE  $\epsilon 4$ . Une diminution de 30 minutes du temps dédié aux activités physiques d'intensité modérée à vigoureuse est associée à une réduction des fonctions exécutives (Dumuid et al., 2022).

Dans une autre étude, Mellow et al. (2022) ont étudié l'effet de la répartition du temps en activité physique, en sédentarité et en sommeil sur les fonctions cognitives (fonctionnement cognitif global, mémoire à long terme, mémoire à court terme, fonctions exécutives et vitesse de traitement de l'information) auprès de 384 adultes âgés de 60 à 70 ans. Ils rapportent que la répartition du temps est significativement associée à la vitesse de traitement de l'information. Davantage de temps passé en

sommeil ou en activité physique modérée ou vigoureuse est associé à une meilleure vitesse de traitement tandis que davantage de temps dédié à l'activité physique d'intensité légère ou de comportements sédentaires est associé à une vitesse de traitement plus lente. Toutefois, cette relation ne demeurait plus significative après avoir ajusté pour l'effet de certaines covariables (âge, éducation, genre et tabagisme). Ils ont également vérifié si certains sous-types de ces activités (temps à visionner la télévision et à pratiquer de l'activité physique récréative ainsi que la qualité du sommeil) pourraient entraîner un effet d'interaction sur le fonctionnement cognitif. Aucun effet d'interaction n'a été relevé une fois les covariables incluses dans les modèles.

Dans l'ensemble, les précédentes études présentées suggèrent que le sommeil, l'activité physique et la sédentarité peuvent interagir entre eux afin de moduler leur effet sur le fonctionnement cognitif. Indépendamment des effets bénéfiques de certains facteurs sur la cognition et la santé en générale (p. ex., activités physiques d'intensité modérée à vigoureuse), il semble que les habitudes de vie dans d'autres sphères comportementales (sommeil et sédentarité) peuvent les affecter, voire les annuler. Ces études mettent ainsi en évidence l'importance de considérer ensemble et de façon simultanée ces trois types de comportements en utilisant une méthode d'analyse appropriée telle que la méthode CoDA. Cependant, les conclusions concernant les effets de l'activité physique, de la sédentarité et du sommeil sur le fonctionnement cognitif d'adultes âgés sont provisoires en raison du faible nombre d'études ayant utilisé la méthode d'analyse CoDA. C'est dans cette visée que le présent projet a été élaboré.

### **Objectifs et questions de recherche**

Le premier objectif de l'étude est de mieux comprendre l'effet de l'activité physique, de la sédentarité et du sommeil sur les fonctions exécutives et la vitesse de traitement de l'information en tenant compte de l'interdépendance temporelle régissant ces comportements. Au travers un devis de recherche corrélationnel de type transversal, l'étude tentera de répondre à la question suivante : « La répartition du temps dédié à l'activité physique, la sédentarité et le sommeil au cours d'une même journée est-elle liée aux fonctions exécutives et à la vitesse de traitement de l'information chez des adultes âgés? ». Il est attendu que la répartition de l'activité physique, la sédentarité et le sommeil soit effectivement associée aux fonctions exécutives et à la vitesse de traitement de l'information.

L'étude a comme second objectif d'évaluer les types de substitutions de temps qui sont susceptibles d'engendrer une plus grande amélioration du fonctionnement cognitif. Il est attendu qu'augmenter le temps dédié à l'activité physique et diminuer le temps en sédentarité soit associé à de meilleures performances au niveau des fonctions exécutives et de la vitesse de traitement.



## **Méthode**

La présente section décrit la méthode utilisée. Celle-ci présente le contexte dans lequel l'étude a été réalisée, son déroulement, les critères de sélection des participants et leurs caractéristiques générales.

### **Participants**

Cinquante-six adultes âgés ont été recrutés dans le cadre de la présente étude. De ce nombre, les données pour trois participants ont été exclues à la suite d'un suivi de qualité spécifique à la présente étude. Les données d'un premier participant ont été exclues en raison d'une perte de données brutes par le service de poste. Celles d'un deuxième participant ont été exclues en raison de durées incohérentes rapportées concernant les temps de sédentarité, de sommeil et d'activité physique sur 24 h : la somme de ces trois composantes totalisait pour ce participant une journée de 36 heures. Finalement, les données d'un troisième participant ont été exclues, puisque la question portant sur la durée en comportements sédentaires ne comportait pas de réponse.

L'échantillon final sur lequel se base le présent projet se compose donc de 53 participants. Les caractéristiques de l'échantillon sont présentées dans le Tableau 1. Les données utilisées dans le cadre de ce présent essai proviennent de la première phase de recrutement d'une étude longitudinale portant sur la retraite effectuée par l'*Équipe de recherche en neuropsychologie du vieillissement* (NeuroAGE).

**Tableau 1***Caractéristiques des participants âgés (n = 53)*

Variable	<i>n</i>	%		
Femme	36	67,92		
Homme	17	32,08		
	<i>M</i>	<i>ÉT</i>	Min	Max
Âge (en années)	59,13	3,56	55	72
Éducation (en années)	16,92	1,72	12	20
MoCA (/30)	28,15	1,49	24	30
GDS (/30)	2,81	3,22	0	12
EAAE (/36)	11,15	3,61	6	20

*Notes.* MoCA = Montreal Cognitive Assessment (Nasreddine et al., 2005), GDS = Geriatric Depression Scale (Yesavage et al., 1982), EAAE = Échelle d'Anxiété État (Beaudoin & Desrichard, 2009).

Les critères d'admissibilité à l'étude étaient d'être âgé de 55 ans et plus, être francophone et avoir eu une activité professionnelle comme gestionnaire ou cadre supérieur. Les participants devaient correspondre à l'un des trois critères suivants : (1) être retraité depuis au moins deux ans; (2) planifier prendre sa retraite d'ici deux ans; ou (3) ne pas planifier prendre sa retraite d'ici les trois prochaines années. Afin d'être éligibles à l'étude, les participants devaient également ne pas présenter de maladies neurodégénératives, puisque ces aspects pourraient confondre les résultats liés à l'effet de la prise de retraite sur les capacités cognitives dans un contexte de vieillissement cognitif normal. À cet effet, les participants présentant un score inférieur à 26 au *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA; Nasreddine et al., 2005), un test de dépistage des troubles neurocognitifs, ont été exclus. Qui plus est, les participants devaient présenter un niveau de symptômes dépressifs ou d'anxiété en deçà des seuils cliniques

significatifs, dimensions mesurées respectivement par une adaptation francophone du *Geriatric Depression Scale* (GDS; Yesavage et al., 1982) et par l'*Échelle d'anxiété État* (Beaudoin & Desrichard, 2009).

Le présent projet de recherche a été évalué par le Comité d'éthique et de la recherche avec des êtres humains de l'UQTR (CER-21-278-08-01.13). Le formulaire d'information et de consentement remis aux participants est présenté à l'Appendice A.

### **Instruments de mesure**

Cette section présente les instruments de mesure ayant servi pour les différentes variables à l'étude. Un descriptif de chacun des instruments est fourni en plus de leurs propriétés psychométriques.

### **Fonctionnement exécutif**

Les fonctions exécutives et la vitesse de traitement de l'information ont été évaluées par l'entremise de deux tests, soit le *Trail Making Test version A et B* (Bowie & Harvey, 2006) et le test de *Stroop* issu de la *Delis-Kaplan Executive Function System* (D-KEFs; Delis et al., 2001). En plus de permettre d'obtenir un indice de vitesse de traitement au niveau visuel et moteur, l'inclusion de ces deux tests a permis d'évaluer deux des trois dimensions du modèle de Miyake et al. (2000), soit la flexibilité mentale et l'inhibition. La dimension de mise à jour n'a pas été incluse pour des motifs logistiques

principalement en lien avec la difficulté d'adapter les tâches l'évaluant sous une modalité de visioconférence au moment du recrutement.

Le choix méthodologique d'une évaluation par visioconférence a été pris de façon à respecter les mesures sanitaires liées à la Covid-19 au moment du recrutement. Cette décision s'appuie sur les résultats d'une méta-analyse effectuée par Brearly et ses collègues (2017) concluant que les résultats aux tests neuropsychologiques administrés dans un contexte de visioconférence sont de qualités similaires. Les instruments d'évaluation neuropsychologique n'étant pas à l'origine conçus pour la passation en ligne, ceux-ci ont subi une adaptation afin de favoriser leur passation. Parmi les modifications effectuées aux épreuves neuropsychologiques, un cahier de participant, incluant le contenu visuel requis à certaines tâches, a été remis au participant avant les passations. Afin de limiter des biais quant à l'exposition au matériel, les participants ont reçu la consigne de ne pas ouvrir ou regarder le matériel avant qu'ils en reçoivent la consigne lors des séances d'évaluation.

### ***Stroop (D-KEFS)***

Le *Stroop* (D-KEFS), issu de la D-KEFs (Delis et al., 2001) est un test cognitif utilisé afin de mesurer les capacités de vitesse de traitement visuelle, d'inhibition et de flexibilité. Durant ce test, les participants se font présenter consécutivement quatre planches sur lesquelles des mots ou des couleurs sont inscrits. Ils sont invités à nommer le plus rapidement les mots ou les couleurs sans commettre d'erreur. Ce test comprend

quatre conditions, soit (1) une condition couleur, où les participants doivent nommer le plus rapidement possible des carrés de couleurs; (2) une condition mot, où les participants doivent lire le plus rapidement possible une série de couleurs écrites dans un format noir sur blanc; (3) une condition où les participants se font présenter des mots de couleurs dont l'encre correspond à une couleur distincte et dans laquelle ils doivent uniquement nommer la couleur de l'encre; et (4) une dernière condition dans laquelle les participants doivent alterner entre nommer la couleur de l'encre et lire le mot. Alors que les deux premières conditions évaluent la vitesse de traitement, la troisième condition évalue la fonction d'inhibition et la quatrième condition évalue la flexibilité. Selon Erdodi et al. (2018), le *Stroop* posséderait de bonnes propriétés psychométriques. Trois des quatre conditions du *Stroop* ont été utilisées, soit la condition de lecture de couleurs, la condition d'interférence et la condition d'alternance afin de mesurer respectivement la vitesse de traitement de l'information, l'inhibition et la flexibilité cognitive. Le temps obtenu à la condition de lecture de couleurs a ensuite été soustrait du temps obtenu aux conditions d'interférence et d'alternance afin de contrôler pour la vitesse (Delis et al., 2001).

### ***Trail Making Test***

Le TMT A et B (Bowie & Harvey, 2006) est un test cognitif administré afin d'évaluer la vitesse de traitement motrice et la capacité de flexibilité cognitive. Ce test consiste en deux conditions (condition A et condition B) dans lesquels 25 cercles sont distribués sur une feuille de papier. Dans la condition A, les cercles sont numérotés de 1

à 25 et les participants doivent relier les chiffres en ordre croissant le plus rapidement possible. Dans la condition B du TMT, des cercles sont numérotés, allant de 1 à 13, alors que d'autres sont indiqués par des lettres allant de A à L. Dans cette condition les participants doivent encore relier les cercles en traçant une ligne, mais cette fois-ci en alternant entre les chiffres en ordre croissant et les lettres en ordre alphabétique (p. ex., 1-A-2-B-3-C). La condition A renseigne sur la vitesse de traitement de l'information des participants alors que la condition B renseigne sur les capacités de flexibilité. Les deux conditions du TMT ont été utilisées afin d'évaluer respectivement la vitesse de traitement de l'information (condition A) et la flexibilité cognitive (condition B). La vitesse de traitement a été contrôlée pour la condition B en soustrayant le temps obtenu à la condition A (Delis et al., 2001).

Ensuite, un score composite de flexibilité cognitive a été formé en additionnant en score Z le rendement contrôlé pour la vitesse à la condition 4 du *Stroop* et à la condition B du TMT. Un autre score composite a été formé pour la vitesse de traitement de l'information en incluant les deux premières conditions du *Stroop* (Lecture de couleur et Lecture de mots) et la condition A du TMT. Finalement, puisque seulement une condition mesure la fonction d'inhibition, le rendement à la condition 3 du *Stroop*, contrôlé pour la vitesse de traitement initiale, correspond à la composante d'inhibition.

## Sédentarité et activité physique

La version francophone du *Global Physical Activity Questionnaire* (GPAQ; Armstrong & Bull, 2006) a été utilisée afin d'évaluer le niveau d'activité physique et de sédentarité des participants. Le GPAQ est un questionnaire autorapporté venant évaluer la pratique d'activités physiques dans trois sphères de la vie (travail, déplacements quotidiens et loisirs) selon l'intensité de l'activité physique (intensité modérée ou forte). La pratique d'activité physique est évaluée par 15 items où les participants doivent répondre à des questions concernant le nombre de jours qu'ils pratiquent des activités physiques (p. ex., « *Habituellement combien de jours par semaine effectuez-vous des activités physiques dans le cadre de votre travail?* ») et le nombre d'heures qu'ils dédient à ces activités (p. ex., « *Lors d'une journée habituelle durant laquelle vous effectuez des activités de forte intensité, combien de temps consacrez-vous à ces activités?* »).

La sédentarité est, quant à elle, évaluée par l'entremise d'un item unique du GPAQ. Les participants doivent indiquer le temps par jour passé assis (« *Combien de temps passez-vous en position assise ou couchée lors d'une journée habituelle?* »). Construit initialement sous une forme d'entrevue, une version autoadministrée du GPAQ a été utilisée. Quelques études récentes illustrent que la version autoadministrée possède des propriétés psychométriques similaires à sa version initiale (Chu et al., 2015; Wanner et al., 2017). Le GPAQ a été validé auprès de plusieurs populations et a démontré une fidélité allant de modérée à élevée. Celui-ci est également corrélé modérément avec les



mesures objectives de sédentarité et d'activité physique (p. ex., accéléromètre) chez les adultes âgés (Chu et al., 2015; de la Cámara et al., 2020).

### **Évaluation du sommeil**

Une adaptation francophone du PSQI (Buysse et al., 1989) a été utilisée afin de mesurer les habitudes de sommeil des participants. Le PSQI est un questionnaire autorapporté composé de 19 items se regroupant en sept dimensions (qualité subjective de sommeil, latence du sommeil, durée du sommeil, efficacité habituelle du sommeil, troubles du sommeil, utilisation de somnifères et dysfonction diurne). Seul l'item concernant la durée totale du sommeil a été utilisé dans le cadre de ce projet : « *Durant le dernier mois, combien d'heures de sommeil avez-vous eues par jour? (Ceci peut être différent du nombre d'heures passées au lit)* ». Au niveau des propriétés psychométriques de l'instrument, celui-ci présente une bonne cohérence interne ainsi qu'une bonne fidélité test-retest.

### **Procédure**

Au total, deux séances d'évaluation neuropsychologique d'une durée de deux heures ont été effectuées par l'entremise de la plateforme de visioconférence *Zoom*. Les deux séances ont été effectuées dans un délai d'une semaine. En plus des tests neuropsychologiques, les participants ont également été invités à remplir différents questionnaires, pour une durée totale d'environ une heure, sur la plateforme en ligne *Limesurvey* (voir Appendice B pour la liste complète des questionnaires administrés).

L'Appendice B présente l'ensemble des tests administrés ainsi que l'ordre de passation des tests cognitifs.

Les séances d'évaluation neuropsychologiques ont été effectuées par l'entremise d'étudiants au doctorat en neuropsychologie sous la supervision de Benjamin Boller, professeur agrégé au département de psychologie de l'UQTR, membre de l'Ordre des psychologues du Québec et détenteur de l'attestation pour l'évaluation des troubles neuropsychologiques. Afin de maximiser la validité des résultats aux tests cognitifs et limiter les biais personnels propres aux évaluateurs dans la cotation des tests, une cotation interjuge a été effectuée a posteriori par un étudiant au doctorat en neuropsychologie indépendante des processus d'évaluation.

### **Analyses statistiques**

Toutes les analyses ont été exécutées avec l'utilisation de RStudio (version 4.2.1) et de SPSS Statistics de IBM (version 28.0.0.1).

### **Répartition du temps en activité physique, sédentarité et sommeil sur 24 h**

Les données ont été traitées selon l'analyse compositionnelle des données (CoDA), puisqu'une perspective 24 heures consiste en l'étude de variables mutuellement exclusives et exhaustives (ici l'activité physique, la sédentarité et le sommeil). Comme expliqué précédemment, la somme de ces activités ramène toujours à un total de 24 heures et inclut ainsi des composantes qui sont parfaitement multicolinéaires. En

d'autres mots, une augmentation de la durée de l'un de ces comportements (p. ex., activité physique) résulte automatiquement en une diminution de la durée d'une ou des deux autres comportements (p. ex., sédentarité et sommeil). Ainsi, la perspective en 24 heures, en incluant des variables qui sont interdépendantes, ne respecte pas le postulat d'indépendance des données qui est nécessaire à plusieurs analyses statistiques traditionnelles, tel que le modèle de régression linéaire.

L'analyse CoDA permet de répondre au problème de multicollinéarité des données en transformant les comportements de l'emploi du temps en ratio logarithmique par l'entremise de l'extension « compositions » (van den Boogaart & Tolosana-Delgado, 2008) disponible sur R. Cette transformation permet alors l'inclusion de l'ensemble des 24 heures dans un même modèle de régression linéaire. L'application du modèle CoDA a été effectuée en suivant les recommandations disponibles à ce sujet (Chastin et al., 2015; Dumuid et al., 2019, 2020; van den Boogaart & Tolosana-Delgado, 2013). Les données relatives à l'emploi du temps ont donc été transformées en un ensemble de coordonnées isométriques de rapport logarithmique (*ilr*). Cela permet d'étudier l'ensemble des trois comportements dans un même modèle statistique en s'intéressant plutôt à la proportion qu'occupe chacun des trois comportements dans une journée, et non pas directement à leur valeur absolue (p. ex., durée totale). Aucun zéro n'était présent pour l'ensemble des trois comportements.

### **Régressions linéaires simples et substitutions isotemporelles compositionnelles**

Tout d'abord, des analyses de corrélations ont été effectuées entre le rendement aux tests cognitifs et les variables sociodémographiques, soit le genre, l'âge, l'éducation, les symptômes anxieux (EAEE) et les symptômes dépressifs (GDS). Aucune relation significative n'a été relevée ( $p > 0,05$ ). En raison de l'absence de corrélation entre ces variables et les fonctions cognitives évaluées, celles-ci n'ont pas été incluses dans les analyses subséquentes.

Les analyses sont inspirées du plan méthodologique proposé par Dumuid et al. (2022). Dans un premier temps, des modèles de régression linéaire ont été utilisés afin d'explorer la relation entre les résultats aux tests cognitifs et la répartition du temps en activité physique, en sédentarité et en sommeil, qui est exprimé en rapports logarithmiques isométriques. Les prédictions de la répartition de l'emploi du temps ont été conceptualisées de façon à représenter un changement dans un comportement « principal » (p. ex., activité physique) en fonction des autres comportements (p. ex., sédentarité et sommeil). Chacun des trois comportements a été considéré comme le comportement « principal » dans un modèle indépendant. En se basant sur les recommandations de Howell (2013), aucune correction n'a été appliquée pour les seuils de signification (p. ex., méthode de correction Bonferonni-Holm), puisque le nombre d'analyses effectué est inférieur à 5.

Dans un deuxième temps, des modèles de substitution isotemporelle ont été effectués afin de mesurer la taille de l'effet des associations entre la répartition du temps en activité physique, en sommeil et en sédentarité et le fonctionnement cognitif (Dumuid et al., 2019). Les modèles de substitution isotemporelle permettent de mesurer les effets d'une redistribution d'un temps dédié à un comportement (p. ex., sédentarité) vers un autre (p. ex., activité physique). Des redistributions de 15, 30, 45 et 60 minutes ont été effectuées pour l'ensemble des trois comportements (activité physique, sédentarité et sommeil). Puisque les *ilr* sont non linéaires (Curtis et al., 2020; Dumuid et al., 2019; Le et al., 2022), les modèles ont été répétés pour illustrer le changement dans le fonctionnement cognitif en ajoutant et en soustrayant le temps dédié à chacun des comportements. Les changements ont été considérés comme statistiquement significatifs lorsque les intervalles de confiance (IC95%) n'incluaient pas de zéro. La syntaxe complète utilisée pour exécuter ces analyses se trouve dans l'Appendice C.

## **Résultats**

La présente section décrit les différentes analyses effectuées. En premier lieu, les statistiques descriptives préliminaires aux analyses principales sont détaillées. En deuxième lieu, les effets de la répartition du temps sur le fonctionnement cognitif, mesurés par l'entremise d'analyse de régression et d'analyse de substitution isothermale, sont présentés.

### **Statistiques descriptives préliminaires**

Le Tableau 2 présente les temps des participants au *Stroop* et au TMT ainsi qu'un score composite de vitesse de traitement et de flexibilité, exprimé en score Z. Concernant le postulat de normalité, les résultats au test de Kolmogorov-Smirnov indiquent que les conditions A ( $p = 0,040$ ) et B ( $p < 0,001$ ) du TMT ne répondent pas à une distribution normale. L'ensemble des quatre conditions du *Stroop* ainsi que le score composite de vitesse de traitement et de flexibilité répondent quant à eux au critère de normalité ( $p > 0,05$ ).

**Tableau 2***Résultats aux tests cognitifs (n = 53)*

Variable	<i>M</i>	<i>ÉT</i>	Min	Max
TMT condition A	27,51	10,31	12	69
TMT condition B <sup>a</sup>	27,26	16,30	10	82
Stroop condition 1	30,21	5,26	22	48
Stroop condition 2	22,26	3,89	16	35
Stroop condition 3 <sup>a</sup>	23,66	8,15	6	46
Stroop condition 4 <sup>a</sup>	29,08	11,45	9	70
Composite vitesse <sup>b</sup>	0,00	2,34	-4,42	5,48
Composite flexibilité <sup>b</sup>	0,00	1,48	-2,60	3,60

*Note.* TMT = Trail Making Test (Bowie & Harvey, 2006).

<sup>a</sup> Les scores présentés correspondent aux temps obtenus à la condition après avoir contrôlé pour la vitesse de traitement

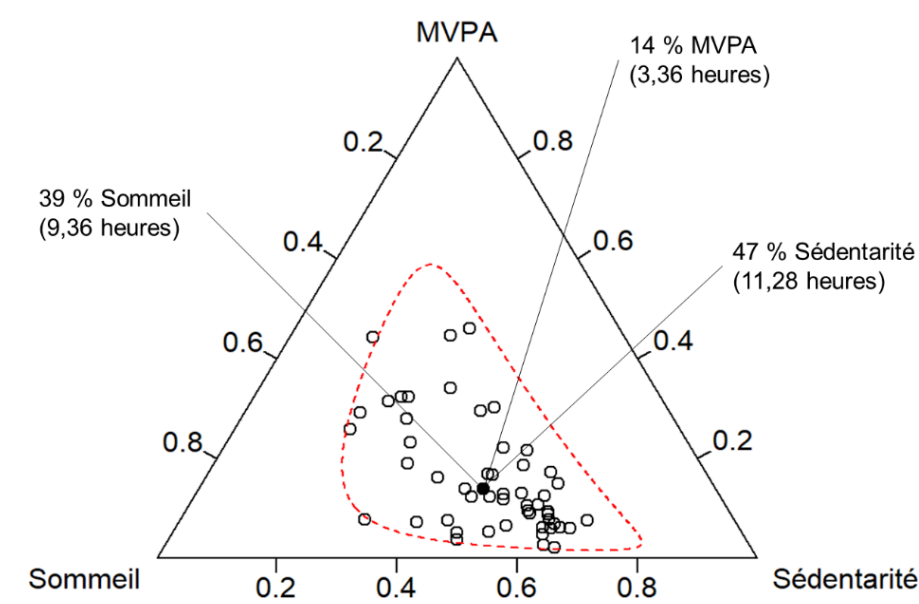
<sup>b</sup> Les rendements aux scores composites sont présentées en score Z

La Figure 1, qui représente un diagramme ternaire, permet de visualiser la répartition du mode de vie selon une perspective 24 heures. Chaque point représente un participant selon sa répartition du temps en activité physique, sédentarité et sommeil. Plus un participant est près d'une extrémité, plus celui-ci dédie de temps à l'un de ces trois comportements. La figure renseigne également sur la moyenne compositionnelle, qui correspond à la répartition moyenne de l'échantillon du temps dédié en activité physique, sédentarité et sommeil. Chez ces participants, une journée moyenne est composée à 14 % d'activités physiques d'intensité modérée à vigoureuse (3,36 heures), 47 % de sédentarité (11,28 heures) et 39 % de sommeil (9,36 heures).



**Figure 1**

*Diagramme ternaire de la distribution de la répartition du temps de l'échantillon*



*Note.* La ligne pointillée représente l'intervalle de confiance de 95% de la distribution. Les points blancs représentent les participants tandis que le point noir représente la moyenne compositionnelle de l'échantillon. MVPA : activités physiques d'intensité modérée à vigoureuse.

### **Effet de la répartition du temps sur le fonctionnement cognitif**

Tout d'abord, aucune corrélation significative n'a été relevée entre les variables sociodémographiques et psychoaffectives, soit le sexe, l'âge, le nombre d'années d'éducation, les symptômes anxieux (EAEE) et les symptômes dépressifs (GDS). De ce fait, il a été décidé de ne pas les inclure comme variables contrôles dans les analyses subséquentes.

Les modèles de régression répondent aux critères de qualité suggérés par van den Boogaart & Tolosana-Delgado (2013) concernant l'application de telles analyses auprès de données compositionnelles. Les résultats des régressions indiquent que seulement les scores au test de *Stroop* sont associés à la répartition du temps en activité physique, sédentarité et sommeil. En effet, une relation significative est relevée entre la répartition du temps et la troisième condition du test de *Stroop*, évaluant la fonction d'inhibition [ $F(50) = 4,39, p = 0,01$ ]. Aucune relation significative n'est relevée entre la répartition du temps et le score composite de flexibilité [ $F = 0,44, p = 0,65$ ] ni entre la répartition du temps et le score composite de vitesse de traitement de l'information [ $F(50) = 2,82, p = 0,07$ ]. Le Tableau 3 présente les caractéristiques des modèles de régression.

Des modèles de substitution isotemporelle ont été testés afin de clarifier la taille et la direction de l'effet décelé entre la répartition du temps et la fonction d'inhibition. La Figure 2 permet de représenter visuellement la relation entre la répartition du temps et le score en inhibition. L'axe des abscisses représente la redistribution de temps à partir de la moyenne compositionnelle. Une redistribution positive (p. ex., +30 minutes) indique que plus de temps est réparti dans le comportement principal (p. ex., activité physique) et que, par conséquent, moins de temps est alloué à l'autre comportement (p. ex., sédentarité).

**Tableau 3***Régressions linéaires simples de la répartition du temps sur le fonctionnement cognitif*

Modèle	Composite vitesse de traitement		
	$\Delta R^2$	$\beta$ (ET)	<i>t</i>
Répartition du temps	0,10		
Configuration 1		0,58 (0,51)	1,15
Configuration 2		1,05 (1,00)	1,06
		Inhibition (Stroop condition 3)	
Répartition du temps	0,15*		
Configuration 1		2,27 (1,72)	-1,32
Configuration 2		9,89 (3,36)**	2,95
		Composite de flexibilité	
Répartition du temps	0,03		
Configuration 1		0,33 (0,33)	-0,99
Configuration 2		0,80 (0,65)	1,23

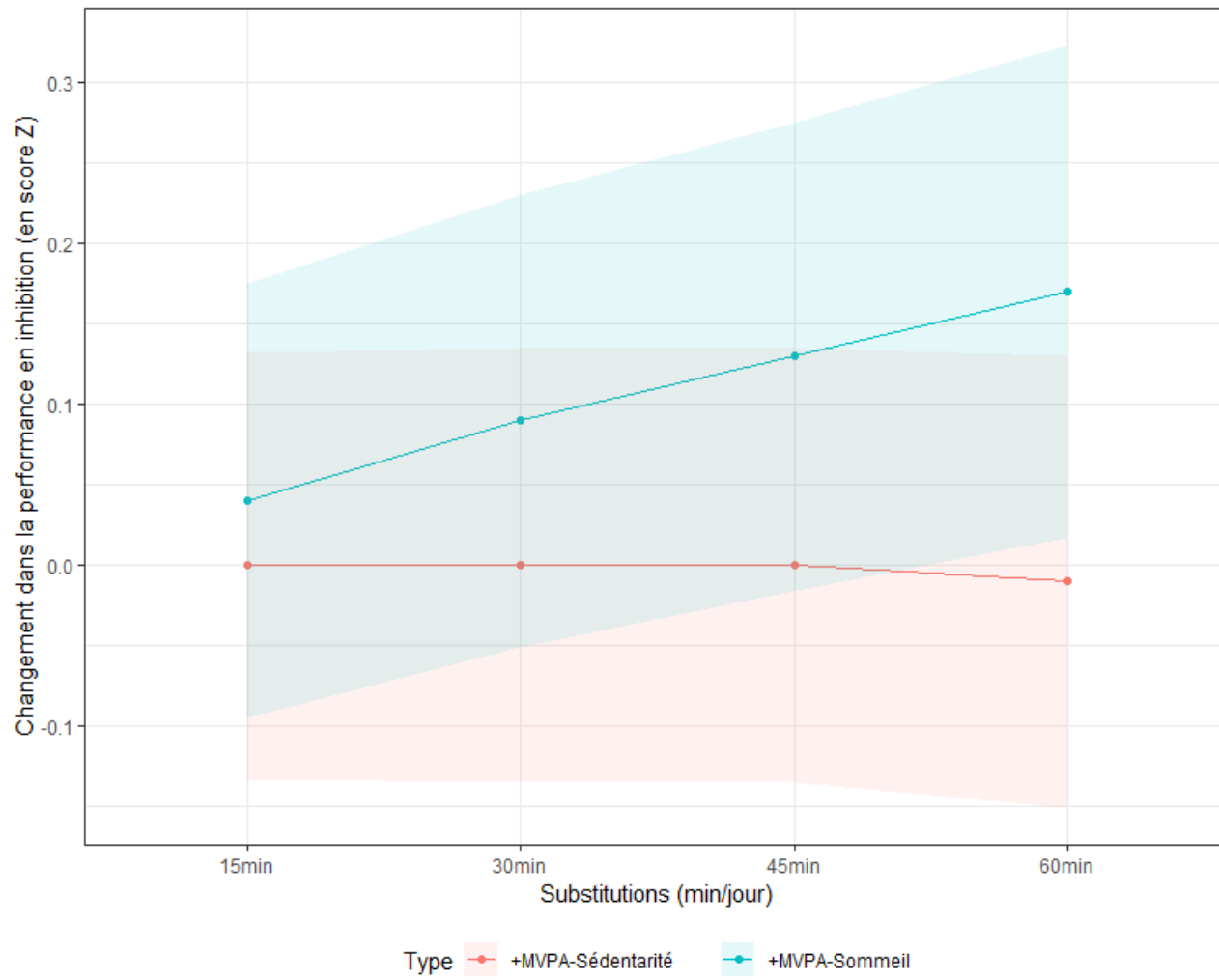
*Note.* Configuration 1 = configuration soustrayant le temps de sédentarité et de sommeil aux temps en activité physique; Configuration 2 = configuration soustrayant le temps de sédentarité aux temps en sommeil.

\* $p < 0,05$ . \*\* $p < 0,01$ .

**Figure 2**

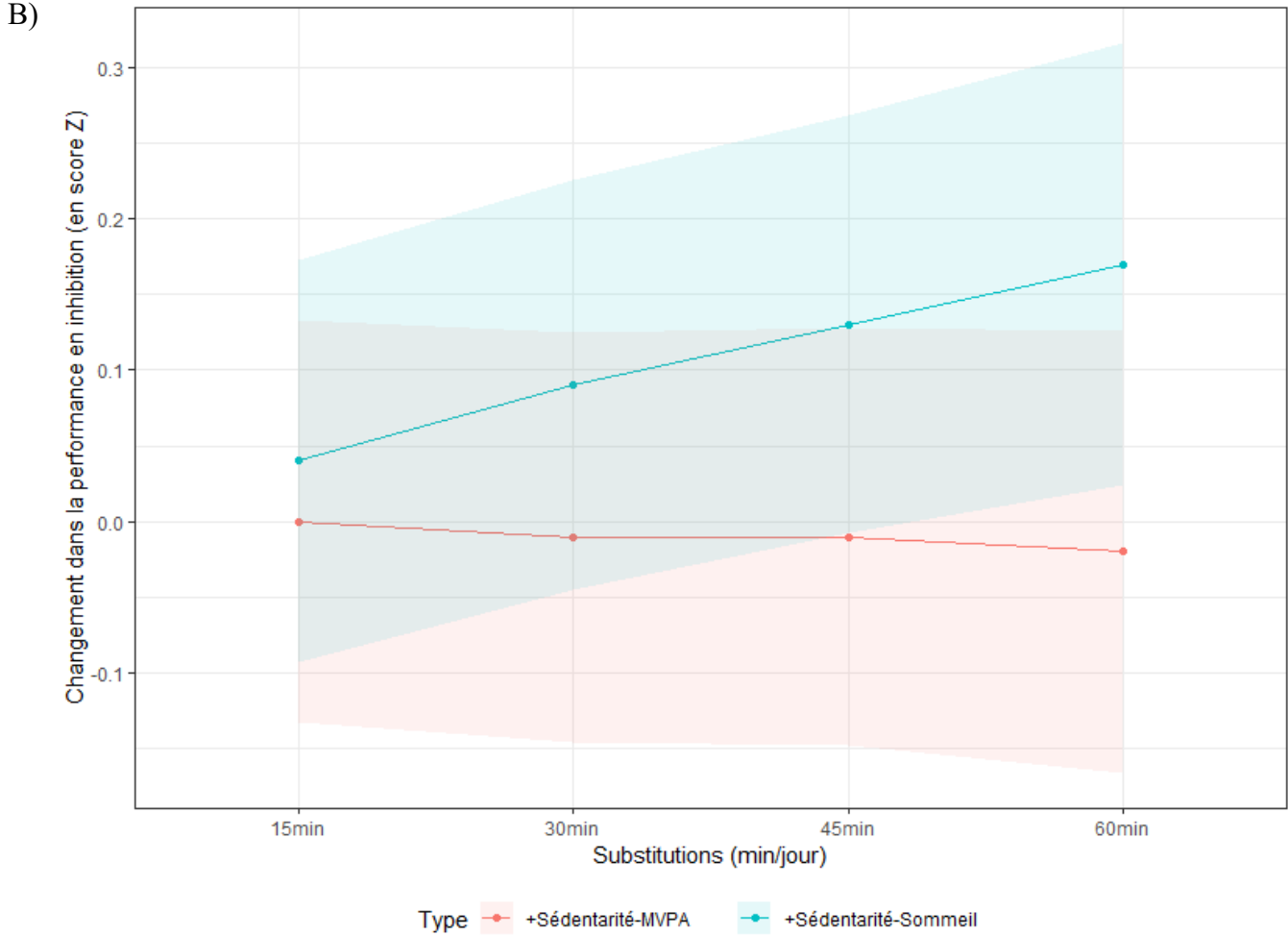
*Prédiction des modèles de substitution de temps sur la performance en inhibition*

A)



**Figure 2**

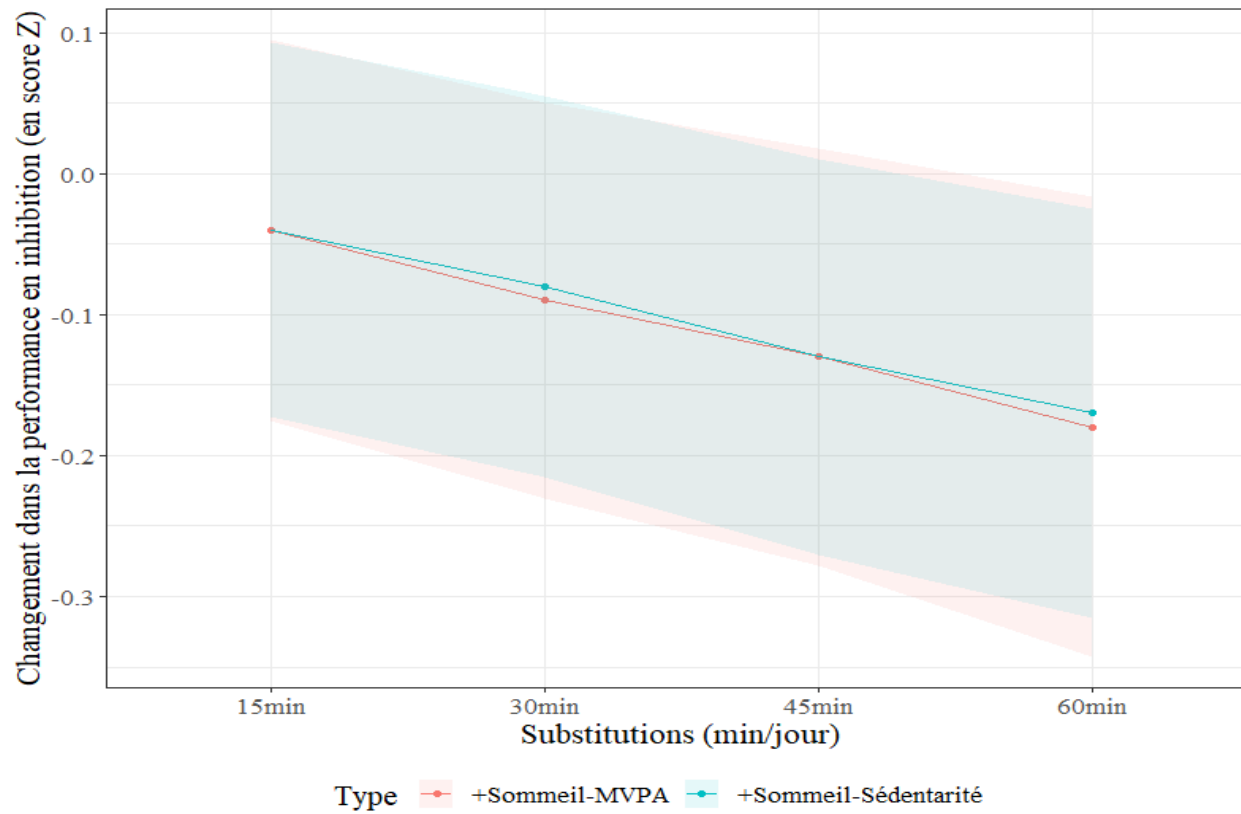
*Prédiction des modèles de substitution de temps sur la performance en inhibition (suite)*



**Figure 2**

*Prédiction des modèles de substitution de temps sur la performance en inhibition (suite)*

C)



*Note.* La performance en inhibition correspond au score Z inversé du temps obtenu à la condition 3 du test de Stroop. A) Substitution avec l'activité physique (MVPA) comme comportement principal. B) Substitution avec la sédentarité comme comportement principal. C) Substitution avec le sommeil comme comportement principal.

Aucune des substitutions de temps n'est associée statistiquement à une amélioration de l'inhibition cognitive, puisque l'ensemble des intervalles de confiance inclut zéro. Cependant, une analyse descriptive des courbes obtenues permet de relever qu'une augmentation de 30 minutes en activité physique et en sédentarité au détriment du temps en sommeil est associée à une amélioration en inhibition. Par exemple, remplacer 30 minutes de sommeil par 30 minutes d'activité physique ou de sédentarité est associé à une amélioration respective du score Z de 0,09 (IC95% [-0,19, 0,36]) et de 0,09 (IC95% [-0,18, 0,35]) de la fonction d'inhibition, ce qui représente une amélioration d'environ 2,96 % de la performance. Aucun effet ne semble être présent sur l'inhibition en ce qui concerne la relation temporelle entre l'activité physique et la sédentarité telle qu'illustrée par la présence d'un aplatissement de la courbe.

## **Discussion**



La présente section a comme objectif de présenter une synthèse des résultats originaux subséquentement présentés et leurs implications sur l'état actuel des connaissances. Des pistes de réflexion seront aussi offertes en plus d'une présentation des forces et limites de la présente étude.

### **Effet de la répartition du temps sur les fonctions exécutives et la vitesse de traitement**

La présente étude a évalué les effets de la redistribution du temps en activité physique, sédentarité et sommeil sur les fonctions exécutives et la vitesse de traitement d'adultes âgés selon la méthode statistique CoDA chez 53 adultes âgés de 55 ans et plus. Le premier objectif de l'étude était de vérifier si la répartition du temps en activité physique, sédentarité et sommeil était associée à la vitesse de traitement et aux fonctions exécutives, soit l'inhibition et la flexibilité par l'entremise des tests du *Stroop* et du TMT.

L'hypothèse principale, soit que la répartition du temps est associée aux fonctions exécutives et à la vitesse de traitement, se trouve partiellement confirmée. En effet, seulement les fonctions exécutives, et plus spécifiquement l'inhibition cognitive, sont associées à la répartition du temps en activité physique, sédentarité et sommeil, bien que la taille de l'effet soit modérée. Néanmoins, des tailles d'effet inférieures sont généralement produites par les modèles évaluant les effets de la répartition du temps

(Dumuid et al., 2019). Aucune relation significative n'a été relevée entre la répartition du temps et la flexibilité cognitive ou la vitesse de traitement de l'information.

Ces résultats sont cohérents avec ceux rapportés par Hyodo et al. (2023) qui ont évalué, chez des adultes âgés en moyenne de 75 ans, l'effet de l'activité physique légère ou modérée sur les fonctions exécutives en adoptant la méthode CoDA. Ceux-ci ont évalué les trois composantes des fonctions exécutives, soit l'inhibition, la flexibilité cognitive et la mise à jour, à travers la tâche du *Stroop*, une tâche de « switching », et une tâche de « N-Back » respectivement. Ces auteurs ont mis en évidence que seule l'inhibition parmi les différentes fonctions exécutives était associée à la répartition du temps. Cette association avec l'inhibition cognitive pourrait être interprétée dans le cadre du modèle d'unité et de diversité des fonctions exécutives (Miyake et al., 2000) où l'inhibition est considérée comme une dimension commune à l'ensemble des fonctions exécutives.

Il existe plusieurs pistes explicatives à cette association unique entre le mode de vie et l'inhibition. Tout d'abord, l'inhibition, ou le contrôle cognitif, constituerait l'une des premières fonctions cognitives affectées par le vieillissement (Salthouse, 1996; Amer, Campbell et Hasher, 2012). L'inhibition serait également particulièrement sensible à plusieurs variables environnementales comme le rythme circadien (May, Hasher et Foong, 2005). Il est donc cohérent qu'elle puisse aussi être influencée par la répartition du temps des habitudes de vie sur 24 heures. Ensuite, le vieillissement cognitif normal

est associé à des altérations cérébrales dans les régions frontales, qui sont plus spécifiquement responsables des fonctions exécutives (Craik et Byrd, 1982). Or, le mode de vie serait associé à plusieurs régions cérébrales, dont les lobes frontaux (Weinstein et al., 2012).

### **Substitution de temps des comportements spécifiques**

Le second objectif de l'étude était de vérifier les effets spécifiques de répartir du temps d'un comportement à un autre. Puisque la répartition du temps était seulement associée à la fonction d'inhibition à travers les modèles de régression, des substitutions isotemporelles ont été effectuées uniquement sur cette variable. Des substitutions de 15, 30, 45 et 60 minutes ont été exécutées.

Premièrement, contrairement à ce qui était attendu, augmenter le temps dédié en activité physique n'est pas associé statistiquement à une amélioration du fonctionnement cognitif. Cependant, les analyses de substitution isotemporelle permettent tout de même de relever une amélioration, non significative et spécifique à l'inhibition. Contrairement aux hypothèses, l'effet sur l'inhibition est seulement décelable lorsque le temps est pris en sommeil. Aucun effet n'est décelé lorsque le temps en activité physique est augmenté au détriment du temps en sédentarité ou inversement. Le présent travail apporte donc peu de preuves quant à un effet bénéfique potentiel sur le fonctionnement cognitif à augmenter le temps en activité physique au détriment du temps en sédentarité, ce qui est cohérent avec l'étude de Hyodo et al. (2023) présentée précédemment. Ces résultats

diffèrent cependant de ceux rapportés dans les études n'adoptant pas une approche compositionnelle dans leur analyse des données (Fanning et al., 2017; Wei et al., 2021). Par exemple, l'étude de Fanning et al. (2017) rapporte que remplacer du temps en sédentarité par du temps en activité physique était associé à une amélioration de la flexibilité cognitive et de la mémoire de travail.

Deuxièmement, privilégier le temps en sédentarité au détriment du temps passé en sommeil est aussi associé à une amélioration de l'inhibition. Étonnamment, l'amélioration de l'inhibition cognitive est similaire à celle décelée lorsque le temps de sommeil est substitué par du temps en activité physique. Autrement dit, augmenter le temps en sommeil, peu importe l'autre comportement, entraîne une diminution de l'efficacité de l'inhibition. L'étude de Hyodo et al. (2023) ne relève cependant pas les mêmes effets concernant la redistribution de temps spécifique d'un comportement à un autre sur l'inhibition. Ceux-ci relèvent en effet que la substitution de temps en sédentarité vers l'activité physique légère ou modérée est associée à une amélioration de l'inhibition. Malheureusement, puisque ceux-ci se sont intéressés spécifiquement à l'activité physique, ils ne rapportent pas les effets de distribution entre la sédentarité et le sommeil, ce qui ne permet pas d'effectuer de comparaison avec les résultats de la présente étude.

Plusieurs pistes explicatives peuvent rendre compte de ces différences avec les résultats rapportés par Hyodo et al. (2023), telles que l'âge plus élevé de leur échantillon

et la taille de l'échantillon. Ceux-ci ont également utilisé des mesures objectives (accéléromètres) pour quantifier la répartition du temps alors que des mesures autorapportées à travers le GPAQ (Armstrong & Bull, 2006) et l'IQSP (Buysse et al., 1989) ont été utilisées dans la présente étude. Bien que cette divergence dans les résultats puisse effectivement provenir de ces différences méthodologiques, celle-ci demeure également congruente avec l'hypothèse que les effets de la répartition du temps sur la santé varieraient en fonction de caractéristiques spécifiques et individuelles.

Selon la « *Sweet-Spot Hypothesis* » formulée par Holtermann et al. (2021), les effets de l'activité physique, de la sédentarité et du sommeil sur la santé reposent sur un principe d'homéostasie. Ce serait ainsi la balance temporelle entre ces comportements qui engendraient des effets positifs sur la santé. Inversement, les effets négatifs sur la santé découleraient de déséquilibre entre ces comportements. Or, les participants inclus dans cette étude et celle de Hyodo et al. (2023) ne dédient initialement pas le même temps à chacun de ces comportements. Les participants recrutés dans l'étude de Hyodo et al. passent moins de temps dans une journée en sommeil (26,3 % de leur journée comparativement à 39 % dans le présent échantillon), plus de temps en activité physique (29,7 % au total comparativement à 14 %) et ont un temps de sédentarité similaire (44,0 % comparativement à 47 %). Toujours selon l'hypothèse de Holtermann et al., cette distinction entre ces deux études pourrait ainsi s'expliquer par les débalancements distincts concernant les habitudes des participants pour ces comportements. Le débalancement dans l'horaire global pourrait avoir davantage d'implication sur la santé

que les conséquences individuelles de ces comportements. Des comportements comme la sédentarité, qui sont connus comme étant néfastes pour la santé (Saunders et al., 2020), pourraient ainsi tout de même être bénéfiques selon le niveau de déséquilibre présent dans le mode de vie de l'individu.

Ainsi, conformément à l'hypothèse de Holtermann et al. (2021), il est possible que les modalités de substitutions de temps susceptibles d'engendrer un effet sur l'inhibition cognitive puissent dépendre du profil individuel. Dans ce cas-ci, l'ampleur ou même la survenue ou non d'un effet sur l'inhibition cognitive seraient influencées par les caractéristiques et habitudes initiales de chaque personne. Par exemple, la présente étude montre que, chez un individu étant en situation de sommeil excessif, les cibles d'intervention à court terme viseraient en premier lieu à réduire les heures de sommeil de manière à rétablir l'équilibre dans les habitudes de vie et conséquemment à améliorer l'inhibition cognitive. En ce sens, bien qu'augmenter la durée en activité physique demeure la situation la plus souhaitable compte tenu de ses effets positifs sur la cognition (Domingos et al., 2021; Etnier et al., 2019), diminuer le temps de sommeil en augmentant le temps en sédentarité pourrait avoir des effets à court terme qui sont similaires sur le fonctionnement cognitif. Cela relève l'importance potentielle de personnaliser les recommandations en matière de mouvement plutôt que de se centrer sur l'amélioration collective d'une habitude de vie telle que l'activité physique.

### **Retombées et pistes de recherche futures**

Comme pistes de recherches futures, il pourrait être intéressant d'explorer comment la répartition du temps en activité physique, en sédentarité et en sommeil peut influencer le fonctionnement cognitif au sein de populations âgées présentant des vulnérabilités particulières. Par exemple, Dumuid et al. (2022) rapportent une différence significative entre les individus ayant une prédisposition génétique à développer un trouble neurocognitif comparativement à un groupe contrôle. Redistribuer le temps d'un comportement à un autre était associé à un effet supérieur sur le fonctionnement exécutif chez ceux ayant la prédisposition génétique pour une substitution de même temps (p. ex., 30 minutes). D'autres études à ce sujet pourraient ainsi explorer les effets de la répartition du temps chez d'autres populations cliniques, telles qu'une population présentant un haut niveau de risque vasculaire. Les individus présentant des maladies cardiovasculaires sont susceptibles de connaître un déclin cognitif mesurable touchant plusieurs fonctions, dont les fonctions exécutives et la vitesse de traitement (Okonkwo et al., 2010). Ainsi, les individus présentant des risques vasculaires pourraient bénéficier davantage des interventions visant un équilibre dans la répartition du temps concernant leurs habitudes en activité physique, en sédentarité ou en sommeil.

À notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée aux effets de la répartition du temps en activité physique, en sédentarité et en sommeil sur le fonctionnement cognitif en adoptant une perspective longitudinale. Cette piste serait pertinente, puisqu'elle permettrait d'évaluer les effets cumulés de ces comportements sur plusieurs années. Les

études transversales reposant généralement sur des mesures objectives ne permettent d'obtenir qu'une mesure à court terme des habitudes de vie. Or, dans le cas de la sédentarité, ses effets sur la cognition seraient plus importants lorsque le temps rapporté en comportements sédentaires est considéré sur plusieurs années (Magnon et al., 2021).

Dans l'ensemble, ces résultats pourraient entraîner plusieurs répercussions sur les interventions dans le domaine, dont la principale consisterait à adopter une conception individuelle des recommandations quant à la répartition du temps entre sédentarité, activité physique et sommeil. Ces résultats permettraient également de cibler de manière plus adéquate et empirique les comportements qui seraient bénéfiques à modifier ou adapter selon l'individu. À cet effet, certaines applications interactives, traduisant comment les réallocations de temps, selon ses habitudes personnelles, sont associées à diverses mesures de santé, commencent à être développées (Dumuid et al., 2022).

### **Forces et limites de l'étude**

Il est possible de relever plusieurs forces à l'étude actuelle. Tout d'abord, le cadre méthodologique et analytique, soit l'analyse compositionnelle des données et la substitution isotemporelle, permet d'évaluer l'effet des composantes du mode de vie dans un cadre de 24 heures. Qui plus est, la méthode de recherche utilisée ici permet une analyse concomitante des trois composantes du mouvement (activité physique, sédentarité et sommeil). Il s'agit d'une avancée dans la mesure où ces études sont rares, en particulier dans le vieillissement cognitif, et où la majorité d'entre elles évalue plutôt



l'effet d'un facteur unique sur le fonctionnement cognitif. L'utilisation d'un échantillon très homogène (p. ex., cadres supérieurs) peut également constituer une force, car il permet, en second lieu, de contrôler l'effet de plusieurs covariables (p. ex., âge, éducation, etc.), bien que cela puisse nuire à la généralisation des résultats. La passation des évaluations neuropsychologiques sous une modalité de visioconférence ouvre des pistes pertinentes pour l'évaluation neuropsychologique en recherche et en clinique.

Des limites peuvent toutefois être relevées. Premièrement, l'utilisation d'un devis corrélationnel ne permet pas de tirer des conclusions concernant des liens de cause à effet entre les variables. L'étude étant de nature exploratoire, celle-ci se base sur un échantillon limité. La petite taille de l'échantillon amène ainsi plusieurs considérations quant à la représentativité et la généralisation des conclusions effectuées. En effet, l'échantillon possède des caractéristiques non représentatives de la population générale. L'étude principale s'intéressant à des gestionnaires et cadres supérieurs se préparant à la prise de retraite ou ayant récemment pris leur retraite, les participants ont globalement un niveau élevé d'éducation, un statut socioéconomique élevée et sont relativement jeunes en ce qui a trait à l'effet de l'âge sur la cognition. Toutes ces variables viennent ainsi limiter la généralisation des résultats à la population générale aînée.

Les données relatives aux comportements d'activité physique, de sédentarité et de sommeil proviennent de questionnaires autoadministrés. Concernant ces variables spécifiques, les questionnaires ont généralement l'inconvénient de fournir des

estimations moins représentatives de la réalité (Dyrstad, Hansen, Holme, & Anderssen, 2014;). Cela s'explique notamment par la difficulté inhérente que peut avoir un individu à estimer adéquatement l'ensemble du temps qu'il dédie pour un amalgame de comportements spécifiques. Cette difficulté se traduit généralement par une tendance, soit à surestimer ou sous-estimer le temps dédié à certains comportements. Il demeure que les mesures objectives seraient aussi sujettes à une grande variabilité individuelle (Aadlad & Ylvisåker, 2015).

L'évaluation de la sédentarité par l'entremise d'un item unique peut également être contestée (Meh et al., 2021). Malgré les limites qu'engendre l'utilisation de questionnaire, le présent travail reproduit des résultats similaires à ceux obtenus par Hyodo et al. (2023), qui ont utilisé des mesures objectives. Finalement, plusieurs autres variables du mode de vie pouvant venir influencer à la fois le cycle d'activité sur 24 h et le fonctionnement cognitif n'ont pas été considérées. Ces variables incluent d'autres habitudes de vie comme l'alimentation ainsi que des variables socioculturelles comme le capital social d'un individu (Falck et al., 2023). Le présent travail ne distingue pas les différentes formes d'activités physiques. Or, plusieurs travaux suggèrent que les effets de l'activité physique sur le fonctionnement cognitif varient selon le type d'activité (Colcombe & Kramer, 2003) en plus d'être influencés par la condition physique initiale (Boucard, Albinet, Bugajska, Bouquet, Clarys, & Audiffren, 2012). Néanmoins, il demeure que plusieurs études relatent des associations entre des mesures globales d'activité physique et le fonctionnement cognitif (Wei et al., 2021 ; Falck et al., 2017).

## **Conclusion**

En somme, la présente étude a permis de mieux comprendre comment la répartition du temps en activité physique, sédentarité et sommeil influence le fonctionnement cognitif. Pour ce faire, cette étude a employé une méthode statistique moderne et adaptée au phénomène évalué (Dumuid et al., 2020), l'analyse compositionnelle des données (CoDA). En plus de constituer l'une des premières études à utiliser l'analyse CoDA à l'aide de questionnaires autorapportés et non de données objectives, celle-ci permet de corroborer les résultats d'autres études reposant sur des données objectives (Hyodo et al., 2023). Les résultats de cette étude soulèvent l'importance de s'intéresser à l'ensemble des caractéristiques des individus et de fournir des recommandations en matière de mouvements considérant l'ensemble du mode de vie afin de maximiser les effets sur le fonctionnement cognitif des adultes âgés. Des recherches futures seront nécessaires afin de mieux comprendre comment les caractéristiques individuelles peuvent moduler la relation entre la répartition du temps et le fonctionnement cognitif, notamment en s'intéressant à des populations plus vulnérables.

## Références

- Aadland, E., & Ylvisåker, E. (2015). Reliability of Objectively Measured Sedentary Time and Physical Activity in Adults. *PloS ONE*, *10*(7), e0133296. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133296>
- Albinet, C. T., Boucard, G., Bouquet, C. A., & Audiffren, M. (2010). Increased heart rate variability and executive performance after aerobic training in the elderly. *European Journal of Applied Physiology*, *109*(4), 617-624. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1393-y>
- Albinet, C. T., Boucard, G., Bouquet, C. A., & Audiffren, M. (2012). Processing speed and executive functions in cognitive aging: How to disentangle their mutual relationship?. *Brain and Cognition*, *79*(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2012.02.001>
- Amer, T., Campbell, K. L., & Hasher, L. (2016). Cognitive Control As a Double-Edged Sword. *Trends in cognitive sciences*, *20*(12), 905–915. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.10.002>
- Anderson, N. D., & Craik, F. I. M. (2017). 50 years of cognitive aging theory. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *72*(1), 1-6. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbw108>
- Angel, L., & Isingrini, M. (2015). Le vieillissement neurocognitif : entre pertes et compensation. *L'Année psychologique*, *115*(2), 289-324. <https://doi.org/10.4074/S003503314000104>
- Armstrong, T., & Bull, F. (2006). Development of the World Health Organization Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ). *Journal of Public Health*, *14*(2), 66-70. <https://doi.org/10.1007/s10389-006-0024-x>
- Barnes, J. N., & Corkery, A. T. (2018). Exercise improves vascular function, but does this translate to the brain?. *Brain Plasticity*, *4*(1), 65-79. <https://doi.org/10.3233/BPL-180075>
- Beaudoin, M., & Desrichard, O. (2009). Validation of a Short French State Test Worry and Emotionality Scale. *Revue internationale de psychologie sociale*, *22*, 79-105. <https://www.cairn.info/revue--2009-1-page-79.htm>

- Bherer, L., Erickson, K. I., & Liu-Ambrose, T. (2013). A review of the effects of physical activity and exercise on cognitive and brain functions in older adults. *Journal of Aging Research*, 2013, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2013/657508>
- Blondell, S. J., Hammersley-Mather, R., & Veerman, J. L. (2014). Does physical activity prevent cognitive decline and dementia?: A systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *BMC Public Health*, 14(1), 510. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-510>
- Boucard G. K., Albinet C. T., Bugajska A., Bouquet, C. A., Clarys, D., & Audiffren, M. (2012). Impact of physical activity on executive functions in aging: a selective effect on inhibition among old adults. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 34(6), 808-827. <https://doi.org/10.1123/jsep.34.6.808>. PMID: 23204360.
- Bowie, C. R., & Harvey, P. D. (2006). Administration and interpretation of the Trail Making Test. *Nature Protocols*, 1(5), 2277-2281. <https://doi.org/10.1038/nprot.2006.390>
- Brearily, T. W., Shura, R. D., Martindale, S. L., Lazowski, R. A., Luxton, D. D., Shenal, B. V., & Rowland, J. A. (2017). Neuropsychological test administration by videoconference: A systematic review and meta-analysis. *Neuropsychology Review*, 27(2), 174-186. <https://doi.org/10.1007/s11065-017-9349-1>
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451-1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
- Buysse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, 28(2), 193-213. [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(89\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0165-1781(89)90047-4)

- Cabanas-Sánchez, V., Esteban-Cornejo, I., García-Esquinas, E., Ortolá, R., Ara, I., Rodríguez-Gómez, I., Chastin, S. F. M., Rodríguez-Artalejo, F., & Martínez-Gómez, D. (2021). Cross-sectional and prospective associations of sleep, sedentary and active behaviors with mental health in older people: A compositional data analysis from the Seniors-ENRICA-2 study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *18*(1), 124. <https://doi.org/10.1186/s12966-021-01194-9>
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.* *100*(2), 26-31.
- Cattell, R. B. (1987). Chapter two principles and methods in investigating general intelligence. *Advances in Psychology*, *35*, 11-26. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)60115-6](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)60115-6)
- Chastin, S. F., McGregor, D., Palarea-Albaladejo, J., Diaz, K. M., Hagströmer, M., Hallal, P. C., van Hees, V. T., Hooker, S., Howard, V. J., Lee, I.-M., von Rosen, P., Sabia, S., Shiroma, E. J., Yerramalla, M. S., & Dall, P. (2021). Joint association between accelerometry-measured daily combination of time spent in physical activity, sedentary behaviour and sleep and all-cause mortality: A pooled analysis of six prospective cohorts using compositional analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *55*(22), 1277-1285. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102345>
- Chastin, S. F., Palarea-Albaladejo, J., Dontje, M. L., & Skelton, D. A. (2015). Combined effects of time spent in physical activity, sedentary behaviors and sleep on obesity and cardio-metabolic health markers: A novel compositional data analysis approach. *PLoS ONE*, *10*(10), e0139984. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139984>
- Chu, A. H. Y., Ng, S. H. X., Koh, D., & Müller-Riemenschneider, F. (2015). Reliability and validity of the self- and interviewer-administered versions of the Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ). *PLoS ONE*, *10*(9), e0136944. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136944>
- Coelho, L., Hauck, K., McKenzie, K., Copeland, J. L., Kan, I. P., Gibb, R. L., & Gonzalez, C. L. R. (2020). The association between sedentary behavior and cognitive ability in older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, *32*(11), 2339-2347. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01460-8>
- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychological Science*, *14*(2), 125-130. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.t01-1-01430>



- Cornelis, M. C., Wang, Y., Holland, T., Agarwal, P., Weintraub, S., & Morris, M. C. (2019). Age and cognitive decline in the UK Biobank. *PLoS ONE*, *14*(3), e0213948. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213948>
- Cotman, C. W., Berchtold, N. C., & Christie, L.-A. (2007). Exercise builds brain health: Key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends in Neurosciences*, *30*(9), 464-472. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2007.06.011>
- Craik, F. I. M., & Byrd, M. (1982). Aging and cognitive deficits. Dans F. I. M. Craik & S. Trehub (Éds), *Aging and cognitive processes* (pp. 191-211). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4684-4178-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-4178-9_11)
- Curtis, R. G., Dumuid, D., Olds, T., Plotnikoff, R., Vandelanotte, C., Ryan, J., Edney, S., & Maher, C. (2020). The association between time-use behaviors and physical and mental well-being in adults: A compositional isotemporal substitution analysis. *Journal of Physical Activity and Health*, *17*(2), 197-203. <https://doi.org/10.1123/jpah.2018-0687>
- Davenport, M. H., Hogan, D. B., Eskes, G. A., Longman, R. S., & Poulin, M. J. (2012). Cerebrovascular reserve: The link between fitness and cognitive function? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *40*(3), 153-158. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3182553430>
- de la Cámara, M. A., Higuera-Fresnillo, S., Cabanas-Sánchez, V., Sadarangani, K. P., Martínez-Gómez, D., & Veiga, Ó. L. (2020). Criterion validity of the sedentary behavior question from the global physical activity questionnaire in older adults. *Journal of Physical Activity and Health*, *17*(1), 2-12. <https://doi.org/10.1123/jpah.2019-0145>
- de Bruijn, R. F., Bos, M. J., Portegies, M. L., Hofman, A., Franco, O. H., Koudstaal, P. J., & Ikram, M. A. (2015). The potential for prevention of dementia across two decades: The prospective, population-based Rotterdam Study. *BMC Medicine*, *13*(1), 132. <https://doi.org/10.1186/s12916-015-0377-5>
- Delis, D. C., Kaplan, E., & Kramer, J. H. (2001). *Delis Kaplan Executive Function System: Examiner's manual*. Psychological Corporation.
- Dillon, K., Morava, A., Prapavessis, H., Grigsby-Duffy, L., Novic, A., & Gardiner, P. A. (2022). Total sedentary time and cognitive function in middle-aged and older adults: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, *8*(1), 127. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00507-x>

- Domingos, C., Pêgo, J. M., & Santos, N. C. (2021). Effects of physical activity on brain function and structure in older adults: A systematic review. *Behavioural Brain Research, 402*, 113061. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2020.113061>
- Dumuid, D., Mellow, M. L., Olds, T., Tregoweth, E., Greaves, D., Keage, H., & Smith, A. E. (2022). Does APOE  $\epsilon$ 4 status change how 24-hour time-use composition is associated with cognitive function? An exploratory analysis among middle-to-older adults. *Journal of Alzheimer's Disease, 1-9*. <https://doi.org/10.3233/JAD-220181>
- Dumuid, D., Pedišić, Ž., Palarea-Albaladejo, J., Martín-Fernández, J. A., Hron, K., & Olds, T. (2020). Compositional data analysis in time-use epidemiology: What, why, how. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(7), 2220. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072220>
- Dumuid, D., Pedišić, Ž., Stanford, T. E., Martín-Fernández, J.-A., Hron, K., Maher, C. A., Lewis, L. K., & Olds, T. (2019). The compositional isotemporal substitution model: A method for estimating changes in a health outcome for reallocation of time between sleep, physical activity, and sedentary behaviour. *Statistical Methods in Medical Research, 28*(3), 846-857. <https://doi.org/10.1177/0962280217737805>
- Dyrstad, S. M., Hansen, B. H., Holme, I. M., & Anderssen, S. A. (2014). Comparison of self-reported versus accelerometer-measured physical activity. *Medicine and science in sports and exercise, 46*(1), 99-106. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182a0595f>
- Erdodi, L. A., Sagar, S., Seke, K., Zuccato, B. G., Schwartz, E. S., & Roth, R. M. (2018). The Stroop test as a measure of performance validity in adults clinically referred for neuropsychological assessment. *Psychological Assessment, 30*(6), 755-766. <https://doi.org/10.1037/pas0000525>
- Erickson, K. I., Hillman, C., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Bloodgood, B., Conroy, D. E., Macko, R., Marquez, D. X., Petruzzello, S. J., & Powell, K. E. (2019). Physical activity, cognition, and brain outcomes: A review of the 2018 physical activity guidelines. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 51*(6), 1242-1251. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001936>
- Etnier, J. L., Drollette, E. S., & Slutsky, A. B. (2019). Physical activity and cognition: A narrative review of the evidence for older adults. *Psychology of Sport and Exercise, 42*, 156-166. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.12.006>
- Falck, R. S., Davis, J. C., & Liu-Ambrose, T. (2017). What is the association between sedentary behaviour and cognitive function? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine, 51*(10), 800-811. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095551>

- Falck, R. S., Landry, G. J., Best, J. R., Davis, J. C., Chiu, B. K., & Liu-Ambrose, T. (2017). Cross-sectional relationships of physical activity and sedentary behavior with cognitive function in older adults with probable mild cognitive impairment. *Physical Therapy, 97*(10), 975-984. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzx074>
- Falck, R. S., Liu-Ambrose, T., van Uffelen, J., Macpherson, H., Marquez, D. X., Gardiner, P., & Savelberg, H. H. C. M. (2023). Editorial: The 24-hour activity cycle and cognitive health: how are physical activity, sedentary behavior, and sleep interactively associated with cognitive health across the lifespan? *Frontiers in Human Neuroscience, 17*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2023.1248262>
- Fang, H., Jing, Y., Chen, J., Wu, Y., & Wan, Y. (2021). Recent trends in sedentary time: A systematic literature review. *Healthcare, 9*(8), 969. <https://doi.org/10.3390/healthcare9080969>
- Fanning, J., Porter, G., Awick, E. A., Ehlers, D. K., Roberts, S. A., Cooke, G., Burzynska, A. Z., Voss, M. W., Kramer, A. F., & McAuley, E. (2017). Replacing sedentary time with sleep, light, or moderate-to-vigorous physical activity: Effects on self-regulation and executive functioning. *Journal of Behavioral Medicine, 40*(2), 332-342. <https://doi.org/10.1007/s10865-016-9788-9>
- Goldstein, S., & Naglieri, J. A. (Éds). (2014). *Handbook of executive functioning*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8106-5>
- Gunstad, J., Paul, R. H., Brickman, A. M., Cohen, R. A., Arns, M., Roe, D., Lawrence, J. J., & Gordon, E. (2006). Patterns of cognitive performance in middle-aged and older adults: A cluster analytic examination. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology, 19*(2), 59-64. <https://doi.org/10.1177/0891988705284738>
- Gupta, N., Mathiassen, S. E., Mateu-Figueras, G., Heiden, M., Hallman, D. M., Jørgensen, M. B., & Holtermann, A. (2018). A comparison of standard and compositional data analysis in studies addressing group differences in sedentary behavior and physical activity. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 15*(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0685-1>
- Harada, C. N., Natelson Love, M. C., & Triebel, K. L. (2013). Normal cognitive aging. *Clinics in Geriatric Medicine, 29*(4), 737-752. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2013.07.002>
- Hartshorne, J. K., & Germine, L. T. (2015). When does cognitive functioning peak? The asynchronous rise and fall of different cognitive abilities across the life span. *Psychological Science, 26*(4), 433-443. <https://doi.org/10.1177/0956797614567339>

- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58-65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>
- Holtermann, A., Rasmussen, C. L., Hallman, D. M., Ding, D., Dumuid, D., & Gupta, N. (2021). 24-hour physical behavior balance for better health for all: “The sweet-spot hypothesis”. *Sports Medicine - Open*, 7(1), 98. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00394-8>
- Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1966). Refinement and test of the theory of fluid and crystallized general intelligences. *Journal of Educational Psychology*, 57(5), 253-270. <https://doi.org/10.1037/h0023816>
- Howell, D. C. (2013). *Statistical methods for psychology (Eighth)*. Wadsworth Cengage Learning.
- Hughes, M. L., Agrigoroaei, S., Jeon, M., Bruzzese, M., & Lachman, M. E. (2018). Change in cognitive performance from midlife into old age: Findings from the Midlife in the United States (MIDUS) Study. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 24(8), 805-820. <https://doi.org/10.1017/S1355617718000425>
- Hyodo, K., Kitano, N., Ueno, A., Yamaguchi, D., Watanabe, Y., Noda, T., Nishida, S., Kai, Y., & Arao, T. (2023). Association between intensity or accumulating pattern of physical activity and executive function in community-dwelling older adults: A cross-sectional study with compositional data analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16, 1018087. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.1018087>
- Janssen, I., Clarke, A. E., Carson, V., Chaput, J.-P., Giangregorio, L. M., Kho, M. E., Poitras, V. J., Ross, R., Saunders, T. J., Ross-White, A., & Chastin, S. F. M. (2020). A systematic review of compositional data analysis studies examining associations between sleep, sedentary behaviour, and physical activity with health outcomes in adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 45(10(Suppl. 2)), S248-S257. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0160>
- Kesse-Guyot, E., Charreire, H., Andreeva, V. A., Touvier, M., Hercberg, S., Galan, P., & Oppert, J.-M. (2012). Cross-sectional and longitudinal associations of different sedentary behaviors with cognitive performance in older adults. *PLoS ONE*, 7(10), e47831. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047831>

- Koffel, E., Ancoli-Israel, S., Zee, P., & Dzierzewski, J. M. (2023). Sleep health and aging: Recommendations for promoting healthy sleep among older adults: A National Sleep Foundation report. *Sleep Health*, 9(6), 821-824. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2023.08.018>
- Le, F., Yap, Y., Tung, N. Y. C., Bei, B., & Wiley, J. F. (2022). The associations between daily activities and affect: A compositional isotemporal substitution analysis. *International Journal of Behavioral Medicine*, 29(4), 456-468. <https://doi.org/10.1007/s12529-021-10031-z>
- Li, H., Lv, C., Zhang, T., Chen, K., Chen, C., Gai, G., Hu, L., Wang, Y., & Zhang, Z. (2014). Trajectories of age-related cognitive decline and potential associated factors of cognitive function in senior citizens of Beijing. *Current Alzheimer Research*, 11(8), 806-816. <https://doi.org/10.2174/156720501108140910123112>
- Li, M., Wang, N., & Dupre, M. E. (2022). Association between the self-reported duration and quality of sleep and cognitive function among middle-aged and older adults in China. *Journal of Affective Disorders*, 304, 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2022.02.039>
- Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: A strong connection. *Psychology and Aging*, 9(3), 339-355. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.9.3.339>
- Livingston, G., Huntley, J., Sommerlad, A., Ames, D., Ballard, C., Banerjee, S., Brayne, C., Burns, A., Cohen-Mansfield, J., Cooper, C., Costafreda, S. G., Dias, A., Fox, N., Gitlin, L. N., Howard, R., Kales, H. C., Kivimäki, M., Larson, E. B., Ogunniyi, A., Orgeta, V., ... Mukadam, N. (2020). Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *The Lancet*, 396(10248), 413-446. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30367-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30367-6)
- Livingston, G., Sommerlad, A., Orgeta, V., Costafreda, S. G., Huntley, J., Ames, D., Ballard, C., Banerjee, S., Burns, A., Cohen-Mansfield, J., Cooper, C., Fox, N., Gitlin, L. N., Howard, R., Kales, H. C., Larson, E. B., Ritchie, K., Rockwood, K., Sampson, E. L., Samus, Q., ... Mukadam, N. (2017). Dementia prevention, intervention, and care. *The Lancet*, 390(10113), 2673-2734. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31363-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31363-6)
- Lo, J. C., Groeger, J. A., Cheng, G. H., Dijk, D.-J., & Chee, M. W. L. (2016). Self-reported sleep duration and cognitive performance in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine*, 17, 87-98.

<https://doi.org/10.1016/j.sleep.2015.08.021>

- Lou, P., Qin, Y., Zhang, P., Chen, P., Zhang, L., Chang, G., Li, T., Quiao, C., & Zhang, N. (2015) Association of Sleep Quality and quality of life in type 2 diabetes mellitus: A cross-sectional study in China. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 107(1), 69-76. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2014.09.060>
- Ma, Y., Liang, L., Zheng, F., Shi, L., Zhong, B., & Xie, W. (2020). Association between sleep duration and cognitive decline. *JAMA Network Open*, 3(9), e2013573. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.13573>
- Maasackers, C. M., Claassen, J. A. H. R., Gardiner, P. A., Olde Rikkert, M. G. M., Lipnicki, D. M., Scarmeas, N., Dardiotis, E., Yannakoulia, M., Anstey, K. J., Cherbuin, N., Haan, M. N., Kumagai, S., Narazaki, K., Chen, T., Ng, T. P., Gao, Q., Nyunt, M. S. Z., Crawford, J. D., Kochan, N. A., Makkar, S. R., ... Melis, R. J. F. (2020). The association of sedentary behaviour and cognitive function in people without dementia: A coordinated analysis across five cohort studies from COSMIC. *Sports Medicine*, 50(2), 403-413. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01186-7>
- Magnon, V., Dutheil, F., & Auxiette, C. (2018). Sedentariness: A need for a definition. *Frontiers in Public Health*, 6, 372. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00372>
- Magnon, V., Vallet, G. T., Dutheil, F., & Auxiette, C. (2021). Sedentary lifestyle matters as past sedentariness, not current sedentariness, predicts cognitive inhibition performance among college students: An exploratory study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), 7649. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147649>
- Mason, G. M., Lokhandwala, S., Riggins, T., & Spencer, R. M. C. (2021). Sleep and human cognitive development. *Sleep Medicine Reviews*, 57, 101472. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2021.101472>
- May, C. P., Hasher, L., & Foong, N. (2005). Implicit Memory, Age, and Time of Day: Paradoxical Priming Effects. *Psychological Science*, 16(2), 96-100. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2005.00788.x>
- McCabe, D. P., Roediger, H. L., McDaniel, M. A., Balota, D. A., & Hambrick, D. Z. (2010). The relationship between working memory capacity and executive functioning: Evidence for a common executive attention construct. *Neuropsychology*, 24(2), 222-243. <https://doi.org/10.1037/a0017619>

- McGregor, D. E., Palarea-Albaladejo, J., Dall, P. M., del Pozo Cruz, B., & Chastin, S. F. M. (2021). Compositional analysis of the association between mortality and 24-hour movement behaviour from NHANES. *European Journal of Preventive Cardiology*, 28(7), 791-798. <https://doi.org/10.1177/2047487319867783>
- Meh, K., Jurak, G., Sorić, M., Rocha, P., & Sember, V. (2021). Validity and reliability of IPAQ-SF and GPAQ for assessing sedentary behaviour in adults in the European union: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4602. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094602>
- Mellow, M. L., Crozier, A. J., Dumuid, D., Wade, A. T., Goldsworthy, M. R., Dorrian, J., & Smith, A. E. (2022). How are combinations of physical activity, sedentary behaviour and sleep related to cognitive function in older adults? A systematic review. *Experimental Gerontology*, 159, 111698. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2022.111698>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “Frontal Lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Murman, D. (2015). The impact of age on cognition. *Seminars in Hearing*, 36(03), 111-121. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1555115>
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J. L., & Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A brief screening tool for mild cognitive impairment: MOCA: A brief screening tool for MCI. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695-699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
- Northey, J. M., Cherbuin, N., Pumpa, K. L., Smee, D. J., & Rattray, B. (2018). Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 52(3), 154-160. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096587>
- Norton, S., Matthews, F. E., Barnes, D. E., Yaffe, K., & Brayne, C. (2014). Potential for primary prevention of Alzheimer’s disease: An analysis of population-based data. *The Lancet Neurology*, 13(8), 788-794. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(14\)70136-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(14)70136-X)

- Okonkwo, O. C., Cohen, R. A., Gunstad, J., Tremont, G., Alosco, M. L., & Poppas, A. (2010). Longitudinal trajectories of cognitive decline among older adults with cardiovascular disease. *Cerebrovascular Diseases*, *30*(4), 362-373. <https://doi.org/10.1159/000319564>
- Olanrewaju, O., Stockwell, S., Stubbs, B., & Smith, L. (2020). Sedentary behaviours, cognitive function, and possible mechanisms in older adults: A systematic review. *Aging Clinical and Experimental Research*, *32*(6), 969-984. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01457-3>
- Olds, T., Burton, N. W., Sprod, J., Maher, C., Ferrar, K., Brown, W. J., van Uffelen, J., & Dumuid, D. (2018). One day you'll wake up and won't have to go to work: The impact of changes in time use on mental health following retirement. *PLoS ONE*, *13*(6), e0199605. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199605>
- Organisation mondiale de la santé. (OMS, 2015). *World report on ageing and health*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565042>
- Park, D. C., & Reuter-Lorenz, P. (2009). The adaptive brain: Aging and neurocognitive scaffolding. *Annual Review of Psychology*, *60*(1), 173-196. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093656>
- Pedišić, Ž., Dumuid, D., & Olds, T. S. (2017). Integrating sleep, sedentary behaviour, and physical activity research in the emerging field of time-use epidemiology: Definitions, concepts, statistical methods, theoretical framework, and future directions. *Kinesiology*, *49*(2), 252-269. <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/kinesiology/article/view/5401>
- Peters, R., Booth, A., Rockwood, K., Peters, J., D'Este, C., & Anstey, K. J. (2019). Combining modifiable risk factors and risk of dementia: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, *9*(1), e022846. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-022846>
- Plassman, B. L., Jr, J. W. W., Burke, J. R., Holsinger, T., & Benjamin, S. (2010). Systematic review: Factors associated with risk for and possible prevention of cognitive decline in later life. *Annals of Internal Medicine*, *153*(3), 182-193. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-153-3-201008030-00258>
- Qiu, C., & Fratiglioni, L. (2015). A major role for cardiovascular burden in age-related cognitive decline. *Nature Reviews Cardiology*, *12*(5), 267-277. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2014.223>



- Ross, R., Chaput, J.-P., Giangregorio, L. M., Janssen, I., Saunders, T. J., Kho, M. E., Poitras, V. J., Tomasone, J. R., El-Kotob, R., McLaughlin, E. C., Duggan, M., Carrier, J., Carson, V., Chastin, S. F., Latimer-Cheung, A. E., Chulak-Bozzer, T., Faulkner, G., Flood, S. M., Gazendam, M. K., Healy, G. N., ... Tremblay, M. S. (2020). Canadian 24-hour movement guidelines for adults aged 18-64 years and adults aged 65 years or older: An integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *45*(10(Suppl. 2)), S57-S102. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0467>
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, *103*(3), 403-428. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.103.3.403>
- Salthouse, T. A. (2010). Selective review of cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *16*(5), 754-760. <https://doi.org/10.1017/S1355617710000706>
- Salthouse, T. A. (2012). Consequences of age-related cognitive declines. *Annual Review of Psychology*, *63*(1), 201-226. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100328>
- Saunders, T. J., McIsaac, T., Douillette, K., Gaulton, N., Hunter, S., Rhodes, R. E., Prince, S. A., Carson, V., Chaput, J.-P., Chastin, S., Giangregorio, L., Janssen, I., Katzmarzyk, P. T., Kho, M. E., Poitras, V. J., Powell, K. E., Ross, R., Ross-White, A., Tremblay, M. S., & Healy, G. N. (2020). Sedentary behaviour and health in adults: An overview of systematic reviews. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *45*(10(Suppl. 2)), S197-S217. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0272>
- Smith, P. J., Blumenthal, J. A., Hoffman, B. M., Cooper, H., Strauman, T. A., Welsh-Bohmer, K., Browndyke, J. N., & Sherwood, A. (2010). Aerobic exercise and neurocognitive performance: A meta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosomatic Medicine*, *72*(3), 239-252. <https://doi.org/10.1097/PSY.0b013e3181d14633>
- Song, X., Mitnitski, A., & Rockwood, K. (2005). Index variables for studying outcomes in vascular cognitive impairment. *Neuroepidemiology*, *25*(4), 196-204. <https://doi.org/10.1159/000087538>
- Toth, P., Tarantini, S., Csiszar, A., & Ungvari, Z. (2017). Functional vascular contributions to cognitive impairment and dementia: Mechanisms and consequences of cerebral autoregulatory dysfunction, endothelial impairment, and neurovascular

- uncoupling in aging. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 312(1), H1-H20. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00581.2016>
- Tremblay, M. S., Aubert, S., Barnes, J. D., Saunders, T. J., Carson, V., Latimer-Cheung, A. E., Chastin, S. F. M., Altenburg, T. M., & Chinapaw, M. J. M. (2017). Sedentary Behavior Research Network (SBRN) – Terminology Consensus Project process and outcome. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), 75. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0525-8>
- Tuokko, H., Griffith, L. E., Simard, M., & Taler, V. (2017). Cognitive measures in the Canadian Longitudinal Study on Aging. *The Clinical Neuropsychologist*, 31(1), 233-250. <https://doi.org/10.1080/13854046.2016.1254279>
- van den Boogaart, K. G., & Tolosana-Delgado, R. (2008). “Compositions”: A unified R package to analyze compositional data. *Computers & Geosciences*, 34(4), 320-338. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2006.11.017>
- van den Boogaart, K. G., & Tolosana-Delgado, R. (2013). *Analyzing compositional data with R*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-36809-7>
- Villeneuve, S., Reed, B. R., Madison, C. M., Wirth, M., Marchant, N. L., Kriger, S., Mack, W. J., Sanossian, N., DeCarli, C., Chui, H. C., Weiner, M. W., & Jagust, W. J. (2014). Vascular risk and A interact to reduce cortical thickness in AD vulnerable brain regions. *Neurology*, 83(1), 40-47. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000000550>
- Voss, M. W., Carr, L. J., Clark, R., & Weng, T. (2014). Revenge of the “sit” II: Does lifestyle impact neuronal and cognitive health through distinct mechanisms associated with sedentary behavior and physical activity?. *Mental Health and Physical Activity*, 7(1), 9-24. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2014.01.001>
- Wanders, L., Bakker, E. A., van Hout, H. P. J., Eijsvogels, T. M. H., Hopman, M. T. E., Visser, L. N. C., Wouters, H., & Thijssen, D. H. J. (2021). Association between sedentary time and cognitive function: A focus on different domains of sedentary behavior. *Preventive Medicine*, 153, 106731. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2021.106731>
- Wanner, M., Hartmann, C., Pestoni, G., Martin, B. W., Siegrist, M., & Martin-Diener, E. (2017). Validation of the Global Physical Activity Questionnaire for self-administration in a European context. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 3(1), e000206. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2016-000206>
- Wei, J., Hou, R., Xie, L., Chandrasekar, E. K., Lu, H., Wang, T., Li, C., & Xu, H. (2021). Sleep, sedentary activity, physical activity, and cognitive function among

- older adults: The National Health and Nutrition Examination Survey, 2011-2014. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(2), 189-194. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.09.013>
- Weinstein A. M., Voss M. W., Prakash R. S., Chaddock L., Szabo A., White S. M., Wojcicki, T. R., Mailey, E., McAuley, E., Kramer, A. F., & Erickson, K. (2012). The association between aerobic fitness and executive function is mediated by prefrontal cortex volume. *Brain, Behavior, and Immunity*, 26(5), 811-819. [10.1016/j.bbi.2011.11.008](https://doi.org/10.1016/j.bbi.2011.11.008)
- Wennberg, A., Wu, M., Rosenberg, P., & Spira, A. (2017). Sleep disturbance, cognitive decline, and dementia: A review. *Seminars in Neurology*, 37(04), 395-406. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1604351>
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120(2), 272-292. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.120.2.272>
- Yaffe, K., Vittinghoff, E., Hoang, T., Matthews, K., Golden, S. H., & Zeki Al Hazzouri, A. (2021). Cardiovascular risk factors across the life course and cognitive decline a pooled cohort study. *Neurology*, 96(17), e2212-e2219. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000011747>
- Yesavage, J. A., Brink, T. L., Rose, T. L., Lum, O., Huang, V., Adey, M., & Leirer, V. O. (1982). Development and validation of a geriatric depression screening scale: A preliminary report. *Journal of Psychiatric Research*, 17(1), 37-49. [https://doi.org/10.1016/0022-3956\(82\)90033-4](https://doi.org/10.1016/0022-3956(82)90033-4)
- Zhang, J., Zhu, Y., Zhan, G., Fenik, P., Panossian, L., Wang, M. M., Reid, S., Lai, D., Davis, J. G., Baur, J. A., & Veasey, S. (2014). Extended wakefulness: Compromised metabolics in and degeneration of locus ceruleus neurons. *Journal of Neurosciences*, 34(12), 4418-4431.
- Zimmerman, B., Rypma, B., Gratton, G., & Fabiani, M. (2021). Age-related changes in cerebrovascular health and their effects on neural function and cognition: A comprehensive review. *Psychophysiology*, 58(7), e13796. <https://doi.org/10.1111/psyp.13796>

**Appendice A**  
Formulaire de confidentialité

## FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

**Titre du projet de recherche :**

Étude en ligne et à distance sur les effets de la prise de retraite sur les capacités cognitives chez les cadres du Québec

**Mené par :**

**Benjamin Boller**, Département de psychologie, Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR), professeur régulier

**Membres de l'équipe de recherche :**

**Sylvie Lapierre**, Département de psychologie, UQTR, professeure régulière

**Annick Parent-Lamarche**, Département des ressources humaines, UQTR, professeure régulière

**Isabelle Rouleau**, Département de psychologie, Université du Québec à Montréal, professeure régulière

**Sarah Gagnon**, Département de psychologie, UQTR, étudiante au doctorat en psychologie

**Carolane Breton**, Département de psychologie, UQTR étudiante au doctorat de psychologie

**Émilie Pépin**, Département de psychologie, UQTR étudiante au doctorat de psychologie

**Sabrina Desjardins**, Département de psychologie, UQTR, étudiante au doctorat de psychologie

**Andréanne Laplante**, Département de psychologie, UQTR, étudiante au doctorat en psychologie

**Émilie Rioux**, Département de psychologie, UQTR, étudiante au doctorat en psychologie

**Nicolas Brizard**, Département de psychologie, UQTR, étudiant au doctorat de psychologie



<b>Source de financement :</b>	Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies, programme Samuel-de-Champlain Fonds institutionnel de recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières NeuroQAM, centre de recherche en neurosciences de l'Université du Québec à Montréal Conseil de recherche en sciences humaines
<b>Déclaration de conflit d'intérêts :</b>	Aucun

### Préambule

Votre participation à la recherche, qui vise à évaluer les effets de la prise de retraite sur les capacités cognitives dans des populations de cadres québécois, serait grandement appréciée. Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire ce formulaire. Il vous aidera à comprendre ce qu'implique votre éventuelle participation à la recherche de sorte que vous puissiez prendre une décision éclairée à ce sujet.

Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur responsable de ce projet de recherche ou à un membre de son équipe de recherche. Sentez-vous libre de leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair. Prenez tout le temps dont vous avez besoin pour lire et comprendre ce formulaire avant de prendre votre décision.

### Objectifs et résumé du projet de recherche

L'augmentation de l'espérance de vie au Québec et en France amène d'importants défis pour la société. Au-delà des enjeux économiques que posent le financement des retraites, le coût de la dépendance augmente considérablement. En effet, vivre plus longtemps ne signifie pas nécessairement vivre en bonne santé et l'une des causes de la perte d'autonomie des personnes âgées est liée au déclin des capacités cognitives. Si les maladies neurodégénératives sont, en grande partie, responsables de ce déclin, d'autres facteurs tels que la prise de retraite pourraient avoir des effets sur le déclin des capacités cognitives. En effet, le passage à la retraite est une transition de vie majeure qui nécessite une adaptation à des situations de vie nouvelles. Plusieurs études ont chacune rapporté un impact négatif de la retraite sur le fonctionnement cognitif et mettent en évidence que certaines capacités cognitives telles que la mémoire et l'attention, qui sont sensibles aux effets du vieillissement, sont davantage affaiblies chez les personnes retraitées par rapport à des travailleurs du même âge. Néanmoins, les résultats de ces études montrent aussi des différences importantes entre les personnes retraitées et plusieurs d'entre elles ont des niveaux de fonctionnement cognitif tout à fait comparables à ceux des travailleurs. Les caractéristiques individuelles et culturelles ainsi que le type d'emploi pourraient expliquer ces différences. Afin de mieux comprendre ce phénomène, ce projet de recherche se donne pour objectif général d'étudier les effets de la prise de retraite sur les capacités cognitives auprès des cadres du Québec.

### Nature et durée de votre participation



Votre implication à ce projet de recherche consiste, en premier lieu, à participer à une première séance d'évaluation des capacités cognitives, et, après une semaine, à participer à une deuxième séance avec un membre de l'équipe de recherche. Chaque séance est d'une durée d'environ 1 h 30 heure pour un total d'environ 3 heures pour les deux séances.

Durant les séances, votre implication consiste à répondre à différents tests et mesures, en version papier ou informatisés, évaluant votre fonctionnement cognitif (ex. mémoire et attention) et à remplir des questionnaires portant sur la mémoire, le sommeil, l'anxiété et l'humeur, les préjugés liés à l'âge, le travail, la planification de la retraite et sur les activités en lien avec la retraite.

Étant donné les mesures sanitaires mises en place durant la pandémie, votre participation se fera en ligne et à distance. Qui plus est, considérant la nature délicate de certaines questions, il vous est conseillé de vous installer dans un endroit qui assure la confidentialité. La passation des tests se fera avec un membre de l'équipe de recherche par le biais de la plateforme de visioconférence Zoom. Certains tests ont été adaptés sur cette plateforme et d'autres tests, en version papier, sont inclus dans l'enveloppe préaffranchie que vous avez reçue. Concernant la passation des questionnaires, vous serez invité à les remplir par le biais de l'outil de sondage Lime Survey, entre vos deux séances d'évaluation cognitive. La durée pour remplir les questionnaires est d'environ 1 heure. Un lien internet vous donnant accès à ces questionnaires vous sera envoyé à la fin de la première séance. Vous disposez d'une semaine, c'est-à-dire du temps avant votre deuxième séance pour compléter les questionnaires. Néanmoins, un moment sera consacré, durant la deuxième séance, pour terminer les questionnaires au besoin. Vous pouvez remplir les questionnaires en plusieurs moments et sur l'appareil électronique de votre choix étant donné que l'outil de sondage Lime Survey enregistre automatiquement votre progression.

#### **Risques et inconvénients**

Aucun risque n'est associé à votre participation. Le temps consacré au projet demeure le principal inconvénient. Il est possible que vous ressentiez de la fatigue due à la durée des séances. Des pauses vous seront offertes, si vous en ressentez le besoin. De plus, il est possible que le fait de répondre aux tests et aux questionnaires suscite chez vous des sentiments désagréables (par ex. : stress, anxiété). Si cela se produit, n'hésitez pas à en parler avec les chercheurs. Ceux-ci pourront vous guider vers une ressource (ex. la Clinique universitaire de services psychologiques de l'UQTR) en mesure de vous aider. Si les résultats aux tests cognitifs suggèrent qu'une investigation plus poussée est nécessaire, je souhaite que mon médecin de famille en soit informé.

Oui                      Non

Si vous avez coché « oui » à la dernière question, veuillez inscrire ici le nom et les coordonnées de votre médecin.

---

Si vous n'avez pas de médecin de famille, acceptez-vous d'être à l'une des ressources suivantes :

Oui                      Non

> Clinique universitaire de services psychologiques (CUSP)





3600 Rue Sainte Marguerite, Trois-Rivières, Québec G8Z 1X3  
819 376-5088

> Clinique de psychologie et de neuropsychologie du CÉMIS  
985 Boulevard Thibeau, Trois-Rivières, Québec G8T 7B2  
819 415-5925

> CÉNAM - Clinique multidisciplinaire  
725A rue des Volontaires, Trois-Rivières, Québec G9A 2G2  
819 379-3333

> Centre multiservices de santé et de services sociaux Saint-Joseph  
731 Rue Sainte-Julie, Trois-Rivières, Québec G9A 1Y1  
819 370-2100

> Centre de santé et de consultation psychologique (CSCP)  
2101 Boulevard Edouard-Montpetit, Montréal, Québec H3T 1J4  
514 343-6452

> Centre de services psychologiques  
3300 Boulevard Rosemont #202, Montréal, Québec H1X 1K2  
514 501-1975

> Clinique de Psychologie et de Neuropsychologie  
4480 Rue Bertrand-Fabi, Sherbrooke, Québec J1N 1Z9  
819 791-3066

> Clinique de services en psychologie Sherbrooke  
2984 Rue des Chênes #302, Sherbrooke, Québec J1L 1Y1  
877 233-6282

> Les cliniques Sylvain Trudel  
333, av. de la Cathédrale, 3e étage, Rimouski, Québec G5L 5J5  
418 721-0027

> Service de consultation de l'École de psychologie  
Faculté des sciences sociales, Université Laval  
Pavillon Félix-Antoine-Savard, 2e étage  
2325, rue des Bibliothèques Québec, Québec G1V 0A6  
418 656-5490

> Clinique de Psychothérapie des Laurentides  
C.P. 50013 BP Galeries des Monts, Saint-Sauveur-des-Monts, Québec J0R 1R0  
855 875-2275





### **Avantages ou bénéfices**

Le fait de participer à cette recherche vous offre l'occasion de faire avancer les connaissances sur le vieillissement, notamment sur les effets de la prise de retraite sur les capacités cognitives.

### **Compensation ou incitatif**

Afin de souligner votre implication, six cartes-cadeaux Visa d'une valeur de 100 \$ seront tirées au hasard parmi tous les participants à la fin du recrutement. Il s'agit d'une chance sur trente de gagner une carte-cadeau, des frais d'activation de 3,95\$ à 6,95\$ s'appliquent. Les gagnants du tirage recevront leur carte-cadeau par la poste, à l'adresse de leur choix.

### **Confidentialité**

Afin d'assurer votre anonymat et la confidentialité de vos données durant les séances, les locaux d'expérimentation situés au pavillon Michel-Sarrazin de l'UQTR pourront être utilisés par les évaluateurs. Ces locaux sont seulement accessibles par les membres de l'équipe de recherche. Cependant, considérant le contexte actuel, certains évaluateurs n'ayant pas la possibilité de se déplacer vers ces locaux pourront effectuer la passation des tests en ligne à partir de leur domicile. Des mesures ont été mises en place afin que cela demeure sécuritaire pour vous. Les évaluateurs devront s'assurer de faire la passation des tests seuls, dans une pièce fermée et pouvant être verrouillée. Une affiche indiquant que la séance est en cours sera accrochée à la porte. Les évaluateurs sont invités à porter un casque d'écoute ou des écouteurs pour assurer la confidentialité de la conversation durant les séances. Nous anticipons, par exemple, le fait qu'un membre de l'entourage de l'évaluateur puisse entrer dans la pièce durant les séances. L'évaluateur est tenu d'éteindre son écran et de couper le son du micro dans le but de préserver votre anonymat pour ensuite régler la situation et revenir à la séance. En ce qui a trait à l'utilisation de Zoom, tel que présenté lors de l'entretien téléphonique, le lien pour accéder aux séances vous est envoyé par courriel. À des fins de sécurité, nous vous demandons de vous authentifier et d'inscrire le mot de passe que vous trouverez dans le courriel pour participer aux séances. Les séances par Zoom ne sont pas enregistrées. Enfin, concernant l'outil de sondage Lime Survey, aucune donnée nominative apparaît dans les questionnaires de façon à préserver votre anonymat.

Les données recueillies par cette étude sont entièrement confidentielles et ne pourront en aucun cas mener à votre identification. Vos données seront anonymisées, c'est-à-dire qu'un code numérique vous sera attribué, et c'est ce code qui apparaîtra sur vos tests et vos questionnaires. Vos données informatiques provenant des tests et questionnaires seront conservées sur un serveur de l'UQTR protégé par un mot de passe qui est accessible seulement par les membres de l'équipe de recherche. La liste contenant vos données nominatives et votre code numérique sera conservée dans un serveur distinct protégé par un mot de passe et accessible seulement par les membres de l'équipe de recherche. Vos données obtenues grâce aux feuilles de cotation des tests seront conservées dans un classeur verrouillé à clé. De plus, votre formulaire d'information et de consentement sera séparé de vos tests et questionnaires et conservé dans un autre classeur verrouillé à clé.

Toutes vos données seront conservées au bureau 2019 du pavillon Michel-Sarrazin de l'UQTR (bureau du chercheur principal, monsieur Benjamin Boller) et ne seront pas utilisées à d'autres fins que celles décrites dans le présent document. Seuls les membres de l'équipe de recherche auront accès aux données des participants. Les données seront conservées jusqu'au 1er juillet 2028 pour ensuite être détruites le jour même. Les données informatiques (données des questionnaires et liste contenant vos données nominatives et votre code numérique) seront supprimées des serveurs. Les feuilles de cotation des tests et les formulaires d'information et de consentement seront déchetés.



Toutefois, avec votre accord, vos données pourraient être utilisées ultérieurement dans le cadre d'autres projets de recherche. Dans ce cas, acceptez-vous que vos données de recherche soient utilisées pour réaliser d'autres projets de recherche portant sur le vieillissement? Ces projets de recherche seront évalués et approuvés par le Comité d'éthique de la recherche de l'UQTR avant leur réalisation. Vos données de recherche seront conservées de façon sécuritaire au bureau 2019 du pavillon Michel-Sarrazin de l'UQTR (bureau du chercheur principal, monsieur Benjamin Boller) et seuls les membres de l'équipe de recherche y auront accès. Afin de préserver votre identité et la confidentialité de vos données de recherche, vous ne serez identifié que par un numéro de code. Vos données de recherche seront conservées aussi longtemps qu'elles peuvent avoir une utilité pour l'avancement des connaissances scientifiques. Lorsqu'elles n'auront plus d'utilité, vos données de recherche seront détruites. Par ailleurs, notez qu'en tout temps, vous pouvez demander la destruction de vos données de recherche en vous adressant au chercheur responsable de ce projet de recherche.

Je consens à ce que mes données de recherche soient utilisées à ces conditions, pour être utilisées ultérieurement dans le cadre d'autres projets de recherche :  Oui  Non

#### **Participation volontaire**

Votre participation à cette étude se fait sur une base volontaire. Vous êtes entièrement libre de participer ou non, de refuser de répondre à certaines questions ou de vous retirer en tout temps sans préjudice et sans avoir à fournir d'explications. Si vous vous retirez pendant l'étude, vous pouvez demander à ce que vos données soient retirées du projet de recherche et détruites; ce qui sera immédiatement fait, sans que cela vous porte préjudice.

#### **Responsable de la recherche**

Pour obtenir de plus amples renseignements ou pour toute question concernant ce projet de recherche, vous pouvez communiquer avec Monsieur Benjamin Boller au Département de psychologie au 819 376-5011 (poste 3536), ou par courriel : [benjamin.boller@uqtr.ca](mailto:benjamin.boller@uqtr.ca).

#### **Surveillance des aspects éthique de la recherche**

Cette recherche est approuvée par le comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'Université du Québec à Trois-Rivières et un certificat portant le numéro CER-21-278-08-01.13. a été émis le 07-06-2021.

Pour toute question ou plainte d'ordre éthique concernant cette recherche, vous devez communiquer avec la secrétaire du comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières, par téléphone (819) 376-5011, poste 2129 ou par courrier électronique [CEREH@uqtr.ca](mailto:CEREH@uqtr.ca).



## CONSENTEMENT

### Engagement de la chercheuse ou du chercheur

Moi, Benjamin Boller, m'engage à procéder à cette étude conformément à toutes les normes éthiques qui s'appliquent aux projets comportant la participation de sujets humains.

### Consentement du participant

Je, \_\_\_\_\_, confirme avoir lu et compris la lettre d'information au sujet du projet *Étude en ligne et à distance sur les effets de la prise de retraite sur les capacités cognitives chez les cadres du Québec*. J'ai bien saisi les conditions, les risques et les bienfaits éventuels de ma participation. On a répondu à toutes mes questions à mon entière satisfaction. J'ai disposé de suffisamment de temps pour réfléchir à ma décision de participer ou non à cette recherche. Je comprends que ma participation est entièrement volontaire et que je peux décider de me retirer en tout temps, sans aucun préjudice.

### J'accepte donc librement de participer à ce projet de recherche

Participant	Chercheur
Prénom et nom :	Prénom et nom :
Signature :	Signature :
Date :	Date :

### Participation à des études ultérieures

Acceptez-vous que le chercheur responsable du projet ou un membre de son personnel de recherche reprenne contact avec vous pour vous proposer de participer à d'autres projets de recherche? Bien sûr, lors de cet appel, vous serez libre d'accepter ou de refuser de participer aux projets de recherche proposés.  Oui  Non

**Appendice B**  
Tests cognitifs et questionnaires administrés

## CANEVA DES SÉANCES

### PREMIÈRE SÉANCE

1. MoCA
2. Memory Binding Test (condition encodage et rappel immédiat)
3. Trail Making Test
4. Séquence de chiffres (empan endroit-envers)
5. Séquence lettres-chiffres
6. Code
7. Memory Binding Test (condition rappel différé et reconnaissance)
8. Stroop

### DEUXIÈME SÉANCE

1. Questionnaire expérimental de mémoire épisodique
2. Miami Prospective Test (partie 1 : explication)
3. 15 mots de Rey
4. Miami Properspective Test (partie 1: minuterie)
5. Miami Prospective Memory Test (partie 2: explication)
6. Alpha-Span
7. Fluences verbales
8. Miami Prospective Memory Test (partie 2: horloge)
9. Passation de questionnaire (Questionnaire Occupationnel, anamnèse, formulaire sur les expériences de travail)

### QUESTIONNAIRES ADMINISTRÉS EN LIGNE

1. Questionnaire d'autoévaluation de la mémoire - version abrégée (QAM)
2. Questionnaire mémoire prospective-rétrospective (PRMQ)
3. Processus de planification de la retraite (PRePS)
4. Questionnaire occupationnel (OQ)
5. Planification des comportements (RPB)
6. Transition à la retraite (TRQ)
7. Questionnaire sur l'âgeisme au travail
8. Questionnaire des perceptions sur le vieillissement - version courte (QPV-VC)
9. Aging Semantic Differential (ASD)
10. Questionnaire sur l'intelligence émotionnelle
11. Effort-Reward Imbalance Questionnaire (ERI)
12. Job Content Questionnaire (JCQ)
13. Questionnaire mondial sur la pratique d'activités physiques (GPAQ)
14. Échelle d'anxiété d'évaluation état (EAEE)
15. Échelle de dépression gériatrique (GDS)
16. Indice de qualité du sommeil de Pittsburgh (PSQI)
17. Échelle de somnolence d'Epworth
18. Indice de sévérité de l'insomnie (ISI)

**Appendice C**  
Syntaxe CoDA et substitution isothermale

## SYNTAXE R

```
# Création composition du temps
dtcomp = acomp(select(data, sommeil, sedentarite, MVPA))
names(dtcomp) = c("sommeilRatio", "sedentariteRatio", "MVPAratio")
dtcomp
# Combine the data frame with new composite ratios
data = cbind(data, dtcomp)
# Résumé dtcomp
summary(dtcomp)

# Matrice de contraste composition
#La séquence peut influencer la signification du modèle. Il y a donc une importance à ce
  que celle-ci suive un modèle théorique ou une hypothèse précise.
sbp1=matrix(c(-1,-1,1,
              1,-1,0),
            ncol=3, byrow=TRUE) #définition de la partition binaire séquentielle (SBP).
psi1=gsi.buildlrBase(t(sbp1))#orthonormal matrix.

#P Isometric log ratio (ilr)
ilr.1=ilr(dtcomp, V=psi1)
x<-data.frame(ilr.1)
colnames(ilr.1) <- paste0("ilr.1", 1:2)

#Modèles de régression
lm.ivt=lm(ivt~., data=x)
summary(lm.ivt)
lm.flex=lm(flex~., data=x)
summary(lm.flex)
lm.interf=lm(data$interf~., data=x)
summary(lm.interf)

#Correction Bonferonni-Holm
pvals <- c(0.08115, 0.4411, 0.01747)#avec pvalue IVT, Flex et interf
p.adjust(pvals, method = p.adjust.methods, n=length(pvals))#maintient sign. interf

#Définition du temps à distribuer
(m=mean(dtcomp))#trouver moyenne de la composition.
clo(m, total=1440)#pour regarder la moyenne en minutes/jour.
```

```

delta<-30/1440 #prediction d'une redistribution par portion de Xmin.
#Peut changer le delta (p. ex., 60/1440) pour autre redistribution.

# Substitution isotemporelle
mean_ilr <- ilr(m, V=psi1)#moyennes dans l'espace "transformé" (simplex)
x <- model.matrix(lm.interf) #la matrice de conception du modèle linéaire
xtx_inv <- solve(t(x) %*% x, tol=1e-17) # représente  $(X^T X)^{-1}$ 
s_e<-sqrt(sum(residuals(lm.interf)^2)/df.residual(lm.interf)) #erreur-type résiduel
crit_val<-qt(0.975,df.residual(lm.interf)) #valeur critique avec intervalle de confiance de
      95% (t-dist)

#Si inclusion de covariables non compositionnelle
covariable<-paste0(c(data$Age, data$Education))

names_x<-colnames(x)# noms des colonnes de la matrice de conception du modele
      lineaire
ilr_cols<-1:ncol(x) %in% grep("V", names_x) #vector boolean denotant les col de x
      #qui ont liens avec ilr vars
#vecteur boolean denotant colonnes X qui sont soit : intercept; niveaux de facteurs @
      mediane
factor_cols<-names_x %in% covariable
(beta_hat<-matrix(coefficients(lm.interf), ncol=1)) #estime de beta

#création du nouveau vecteur. creation du design de la matrix
x0<-t(x[1,,drop=FALSE])

x0[ilr_cols,]<-c(mean_ilr) #colonne ilr des moyennes dans l'espace transforme
x0[!ilr_cols,]<-0 # mettre non-ilr vars == 0 (pour le moment)
x0["(Intercept)",]<-1 #mettre intercept 1
x0[factor_cols,]<-1 #faire les niveaux de facteur @ mediane = 1

#prédiction du changement entre toutes les combinaisons possibles de facteurs
pos_vals<-c(-1,1,0)
nc<-length(pos_vals)
#le nombre de combinaison est
# K = total permutation /nombre de doublement
(k<-factorial(nc)/(nc-length(unique(pos_vals))+1))
##[1] k=6
pos_comps<-matrix(0,nrow=k,ncol=nc,dimnames=list(NULL,names(m)))
k<-0

```



```

for(i in 1:nc) for (j in 1:nc) if(i!=j)
{
  k<-k+1
  pos_comps[k,c(i,j)]<-c(1,-1)
}
pos_comps #tableau illustrant la seq partielle binaire (spb) selon les 6 possibilites
delta_mat<-delta*pos_comps

m_delta<-matrix(rep(m,k),nrow=k, byrow=TRUE)
m_delta<-m_delta+delta_mat
m_delta #tableau illustrant les compositions selon les 6 poss et la spb
mean_delta<-t(as.data.frame(ilr(m_delta, V=psi1)))

(x0<-t(x[1:6,,drop=FALSE]))

x0[ilr_cols,]<-c(mean_ilr)
x0[ilr_cols,]<-0
x0_star<-x0
x0_star[ilr_cols,]<-mean_delta-x0[ilr_cols,]

y0_star<-c(t(x0_star) %*% beta_hat)
se_y0_star<-s_e*diag(sqrt(t(x0_star)%*% xtx_inv %*% x0_star)) #syntaxe pour
  effectuer
#mesurer effets des 3 poss selon SBP

#création des « labels » pour les redistributions
re_distrib_nms<-rep("",k)
comps<-colnames(pos_comps)
for (i in 1:k) re_distrib_nms[i]<-
  paste0("+",format(comps[pos_comps[i,]==1], width=4, justify="right")
    ,"-",format(comps[pos_comps[i,]==-1],width=4, justify="right"))

bound_fac<-c(0,-1,1)
preds<-crit_val*matrix(bound_fac,nrow=k,ncol=3,byrow=TRUE)
rownames(preds)<-re_distrib_nms
colnames(preds)<-c("pred","ic95_inf","ic95_sup")
for(j in 1:3) preds[,j]<-y0_star+preds[,j]*se_y0_star
(round(preds, 2))
Preds #Tableau permettant d'obtenir l'ensemble des prédictions selon les 6 possibilités.

```