

Université de Montréal

**Le rôle de la mémoire de travail et de l'impulsivité dès l'enfance dans la prédiction de la consommation de substances à travers l'adolescence**

par Josianne Parent

Département de psychologie  
Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté à la faculté des études supérieures et postdoctorales  
en vue de l'obtention du grade de Maîtrise ès science (M.Sc.)

Août 2019

© Josianne Parent, 2019

*Ce mémoire intitulé*

**Le rôle de la mémoire de travail et de l'impulsivité dès l'enfance dans la prédiction de la  
consommation de substances à travers l'adolescence**

*Présenté par*

**Josianne Parent**

*A été évalué par un jury composé des personnes suivantes*

**Miriam Beauchamp**  
Président-rapporteur

**Jean R. Séguin**  
Directeur de recherche

**Julien Morizot**  
Membre du jury

## Résumé

*Contexte.* Une hypothèse développementale suggère que l'effet de la mémoire de travail sur la consommation de substances pourrait être médié par l'impulsivité à l'adolescence. Cependant, ces liens développementaux n'ont pas été examinés dès l'enfance pour prédire la consommation de substances à travers l'adolescence. *Objectifs.* L'étude visait à examiner les associations bidirectionnelles entre l'impulsivité et la mémoire de travail à 7, 14, 15 et 16 ans ainsi que la consommation de substances entre 14 et 16 ans. *Méthode.* Des analyses à décalages croisés ont porté sur 211 participants suivis annuellement depuis l'âge de 5 mois. La mémoire de travail a été mesurée par le *Self-Ordered Pointing Task* (ainsi que par son équivalent pour enfant) tandis que l'impulsivité et la consommation de substances ont été mesurées par des questionnaires. *Résultats.* La mémoire de travail à 7 ans permet de prédire faiblement mais positivement la consommation de cannabis à 14 ans et prédit négativement la consommation d'alcool à 14 ans mais seulement chez les garçons. Une relation positive entre l'impulsivité à 7 ans et la consommation de substances est spécifique à l'alcool. La consommation d'alcool et de cannabis à 14 ans prédit le changement de niveau d'impulsivité un an plus tard. Finalement, l'impulsivité ne médie pas la relation entre la mémoire de travail et la consommation de substances. *Conclusion.* Une composante cognitive ciblant la mémoire de travail, et ce dès l'enfance, pourrait être examinée comme complément aux interventions existantes et portant sur l'impulsivité pour mieux prévenir la consommation de substances à l'adolescence.

**Mots clés :** Impulsivité, mémoire de travail, consommation de substances, prévention, intervention.

## **Abstract**

*Background.* A developmental hypothesis suggests the effect of working memory on substance use could be mediated by impulsivity in adolescence. However, these developmental associations between working memory and impulsivity have not been examined from childhood to predict substance use throughout adolescence. *Objective.* This study examined the bidirectional associations between impulsivity and working memory at ages 7, 14, 15 and 16 years old and substance use between ages 14 and 16 years old. *Method.* Cross-lagged analyses including 211 participants, followed annually since they were 5 months, were conducted. Working memory was measured by the Self-Ordered Pointing Task (and its equivalent for children) whereas impulsivity and substance use were measured by questionnaires. *Results.* Working memory at 7 years old predicted cannabis use at 14 years old weakly but positively, and alcohol use at 14 years negatively in boys. A positive association between impulsivity at 7 and substance use was specific to alcohol use frequency. Alcohol and cannabis use at age 14 years predicted change in impulsivity the following year. Finally, impulsivity did not mediate the association between working memory and substance use. *Conclusion.* A cognitive component targeting working memory in childhood could be examined as a complement of current interventions on impulsivity to better prevent substance use in adolescence.

**Keywords :** Impulsivity, working memory, substance use, prevention, intervention.

## Table des matières

<b>Résumé .....</b>	<b>2</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>3</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>6</b>
<b>Liste des sigles et des abréviations .....</b>	<b>8</b>
<b>Remerciements .....</b>	<b>9</b>
<b>Contexte théorique .....</b>	<b>11</b>
Le développement du cerveau et la consommation de substances .....	12
La fonction exécutive et la consommation de substances .....	14
L'impulsivité et la consommation de substances .....	17
L'impulsivité et la consommation d'alcool .....	18
L'impulsivité et la consommation de cannabis.....	19
La mémoire de travail et l'impulsivité .....	20
Rôle du sexe de l'enfant dans les associations entre la mémoire de travail, l'impulsivité et la consommation de substances.....	23
<b>Objectifs et hypothèses.....</b>	<b>24</b>
<b>Méthode.....</b>	<b>26</b>
Participants .....	26
Procédure .....	28
Mesures.....	28
Mémoire de travail.....	28
Impulsivité.....	30
Consommation de substances.....	32
Sexe.....	33

Revenu familial .....	33
<b>Traitement statistique</b> .....	<b>33</b>
<b>Résultats</b> .....	<b>36</b>
Analyses préliminaires .....	36
Modèle longitudinal à décalage croisé pour prédire la fréquence de consommation d'alcool.....	40
Analyse multigroupe testant l'effet modérateur du sexe dans la prédiction de la fréquence de consommation d'alcool.....	42
Modèle longitudinal à décalage croisé pour prédire la fréquence de consommation de cannabis .	45
Analyse multigroupe testant l'effet modérateur du sexe dans la prédiction de la consommation de cannabis .....	46
<b>Discussion</b> .....	<b>47</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>56</b>
<b>ANNEXE A</b> .....	<b>74</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1. <i>Items et cohérence interne (alpha de Cronbach) pour l'impulsivité à 7, 15 et 16 ans. ...</i>	32
Tableau 2. <i>Matrice de couverture de covariance des variables principales à l'étude .....</i>	35
Tableau 3. <i>Statistiques descriptives des variables à l'étude. ....</i>	36
Tableau 4. <i>Statistiques descriptives des variables à l'étude selon le sexe des participants. ....</i>	37
Tableau 5. <i>Matrice de corrélations des variables à l'étude.....</i>	39

## Liste des figures

Figure 1. <i>Représentation du modèle des deux systèmes.</i> .....	13
Figure 2. <i>Modèle hypothétique longitudinal à décalage croisé pour la mémoire de travail, l'impulsivité et la consommation de substances.</i> .....	26
Figure 3. <i>Exemple de stimuli concrets présentés dans le ROST.</i> .....	29
Figure 4. <i>Stimuli abstraits présentés dans le SOPT.</i> .....	30
Figure 5. <i>Résultats standardisés du modèle prédictif de la consommation d'alcool.</i> .....	42
Figure 6. <i>Résultats standardisés du modèle prédictif de la consommation d'alcool selon le sexe du participant.</i> .....	44
Figure 7. <i>Résultats standardisés du modèle prédictif de la consommation de cannabis.</i> .....	46
Figure 8. <i>Résultats standardisés du modèle prédictif de la consommation de cannabis selon le sexe du participant.</i> .....	47

## **Liste des sigles et des abréviations**

MLR : maximum likelihood estimation with robust standard errors

FIML: full information maximum likelihood

MAR : missing at random

RMSEA : root mean square error of approximation

SRMR : standardized root mean residual

CFI : comparative fit index

TLI : Tucker Lewis index

SOPT: Self-Ordered Pointing Task

ROST: Random Object Span Task

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

MES: modélisation par équation structurelle

SURPS : substance use risk profile scale

## Remerciements

J'ai eu la chance de rédiger ce mémoire avec l'appui et le soutien de plusieurs personnes exceptionnelles sans qui cela n'aurait jamais été rendu possible.

Je veux d'abord spécialement remercier Charlie Rioux. Charlie je n'ai pas assez de mots pour louer l'excellent travail que tu as fait pour superviser mes travaux depuis mon entrée au cheminement Honor. Je te dois une grande partie de la persévérance et de la motivation qui ont été nécessaires pour rédiger ce mémoire. Même si une grande distance nous séparait dans la dernière année, tu as su m'accompagner de très près dans toutes les étapes de mon cheminement. Merci pour ton ÉNORME disponibilité et pour tes paroles rassurantes. Tu as été la base de sécurité vers qui j'étais toujours certaine de pouvoir me tourner lorsque je me retrouvais devant un nouveau défi. Je n'aurais pu imaginer quatre ans plus tôt, à quel point tu allais devenir une amie précieuse pour moi. Merci infiniment.

Je souhaite aussi remercier mon directeur de recherche Jean Séguin. Jean, tu as eu à porter « plusieurs chapeaux » avec moi aux plans académique et professionnel. Tous ces rôles que tu as eu à incarner ont été extrêmement déterminants dans ma vie. J'ai eu une chance extraordinaire de t'avoir comme directeur. Merci pour la confiance que tu m'as accordée. Ta grande rigueur, ton soutien et ta disponibilité hors du commun ont grandement contribué à mon cheminement. Merci d'avoir cru en mon potentiel.

Merci aussi à tous les étudiants et professeurs du labo. Vous avez été une équipe particulièrement attachante de qui j'ai beaucoup appris. Un merci tout spécial à Natalie Castellanos-Ryan et Sophie Parent de m'avoir partagé une petite partie de votre grand savoir.

Merci à Julien Morizot pour ses commentaires lors de l'évaluation de l'ébauche de ce projet. Ils m'ont permis de pousser mes réflexions pour me faire voir mon sujet d'un angle différent.

Merci à Julie Miserere, simplement pour ton amitié, ton écoute et ton sens de l'humour.

Merci à mes parents pour le soutien et les encouragements que vous avez su m'apporter tout au long de mon parcours académique. Vous m'avez toujours fait sentir que vous étiez fiers de moi, même lorsque pour ma part je l'étais moins. Merci aussi à ma petite sœur chérie.

Et finalement merci à Malick Rouab de m'avoir apporté tant de bonheur au quotidien. La vie est plus douce à tes côtés. Je t'aime.

Ce mémoire a été rendu possible grâce au soutien financier des Fonds de Recherche du Québec - Santé (FRQS).

## Contexte théorique

L'adolescence est une période où surviennent généralement les premières expériences de consommation de substances (Degenhardt et al., 2008), spécialement avec l'alcool et le cannabis qui sont les plus prévalentes chez les adolescents québécois (Institut de la statistique du Québec, 2014). En effet, 23% des élèves de première année du secondaire ont rapporté avoir consommé de l'alcool au cours de la dernière année et ce pourcentage augmentait graduellement pour atteindre 83% en cinquième année du secondaire. Bien que la consommation d'alcool demeure exploratoire chez certains adolescents, elle peut devenir plus fréquente et problématique pour d'autres. Ainsi, près d'un élève finissant sur quatre rapportait consommer de l'alcool de manière régulière ou quotidienne (Institut de la statistique du Québec, 2014). À court terme, les adolescents présentant une consommation problématique d'alcool sont plus susceptibles de vivre des échecs scolaires (Latvala et al., 2014; Miller, Naimi, Brewer, & Jones, 2007), d'être impliqués dans des accidents de voiture (Single, Rehm, Robson, & Van Truong, 2000), de présenter des comportements suicidaires (Miller et al., 2007) et d'avoir des comportements sexuels à risque (Ritchwood, Ford, DeCoster, Sutton, & Lochman, 2015). À plus long terme, une consommation problématique d'alcool pourrait aussi être associée à des altérations dans le développement du cerveau et des fonctions cognitives (Nguyen-Louie et al., 2018; Squeglia et al., 2015) ainsi qu'au développement d'une dépendance (Silins et al., 2018). Cependant, l'alcool n'est pas la seule substance dont l'abus à l'adolescence peut engendrer des conséquences néfastes.

Ainsi, bien que la consommation de cannabis soit moins prévalente que la consommation d'alcool, le pourcentage de jeunes utilisant cette substance augmente au cours de l'adolescence. En effet, si seulement 4% des élèves de première année du secondaire ont rapporté avoir consommé du cannabis dans la dernière année, ce pourcentage s'élevait à près de 43% en cinquième année du secondaire et parmi ces consommateurs, plus de 15% ont rapporté une fréquence de consommation

élevée (c.-à-d., « une fois par semaine » à « tous les jours ») (Institut de la statistique du Québec, 2014). Ces jeunes présentant une consommation problématique de cannabis pourraient être à risque de présenter divers problèmes pouvant persister jusqu'à l'âge adulte, tels que des problèmes de santé mentale, une plus faible réussite scolaire (Coffey & Patton, 2016), des déficits dans certaines fonctions cognitives (Broyd, van Hell, Beale, Yucel, & Solowij, 2016; Camchong, Lim, & Kumra, 2016; Castellanos-Ryan et al., 2017), des problèmes respiratoires, des maladies cardiovasculaires (Hall & Degenhardt, 2014), l'utilisation et l'abus d'autres substances (Rioux et al., 2018), ainsi que le développement d'une dépendance (Coffey & Patton, 2016).

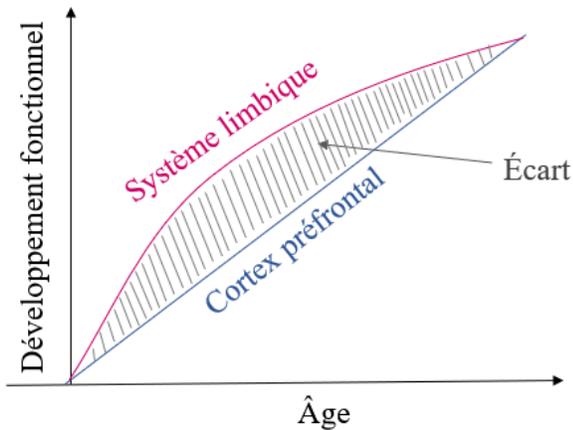
Les études ayant examiné les conséquences néfastes de la consommation de substances ne permettent pas d'identifier avec certitude la causalité de ces effets, spécialement concernant les effets psychosociaux et le développement du cerveau (Castellanos-Ryan, Rioux, & London-Nadeau, 2019; Degenhardt & Hall, 2012; Ewing, Sakhardande, & Blakemore, 2014; Newbury-Birch, 2009). Bien que la littérature présente certaines limites, la consommation problématique de substances, surtout si celle-ci est initiée tôt (Castellanos-Ryan et al., 2017; Rioux et al., 2018), peut entraîner plusieurs conséquences négatives. Il est donc important d'en identifier les facteurs de risque afin de pouvoir prévenir ce phénomène avant même les premières expérimentations. Certains de ces facteurs de risque pourraient être attribuables aux écarts de rythme de développement entre les différentes régions du cerveau de l'adolescent.

### **Le développement du cerveau et la consommation de substances**

Les premières expérimentations avec la consommation de substances coïncident avec une période déterminante quant au développement du cerveau. La maturation des régions frontales est caractérisée par une diminution de la matière grise et donc, par l'élimination des connexions neuronales non-utilisées (Petanjek et al., 2011), aussi appelé élagage synaptique. Ce processus se produit simultanément avec l'augmentation de la matière blanche qui sert à établir les connexions

entre la matière grise des différentes régions du cerveau (Bava et al., 2010). Cette augmentation de la matière blanche durant l'adolescence pourrait ainsi permettre d'améliorer la communication entre les régions corticales (Asato, Terwilliger, Woo, & Luna, 2010). Cependant, cette maturation du cerveau ne se produit pas au même rythme dans toutes les régions cérébrales. Ainsi, selon le modèle théorique des deux systèmes (*Dual systems model*) (Steinberg, 2010), qui est basé sur des études en neuroscience cognitive développementale, la consommation de substances et la prise de risque à l'adolescence pourraient être expliquées en partie par les écarts entre le développement de deux systèmes cérébraux bien définis (tels que présentés à la Figure 1) qui varieraient d'un individu à l'autre (Casey, Jones, & Hare, 2008; Steinberg et al., 2008).

Figure 1. Représentation du modèle des deux systèmes.



Note. Figure adaptée de Casey et al. (2008).

En effet, les régions limbiques, associées à la sensibilité aux récompenses et à la recherche de sensations nouvelles et excitantes, se développent avec la puberté dès le début de l'adolescence (Castellanos-Ryan, Parent, Vitaro, Tremblay, & Séguin, 2013), tandis que les régions préfrontales, responsables de la capacité d'autocontrôle (« top-down control »), se développent de manière linéaire durant l'adolescence et n'atteignent leur maturité qu'au début de l'âge adulte. Cet écart

entre le développement des deux systèmes créerait un déséquilibre qui pourrait se traduire par un besoin élevé de sensations fortes, provenant du système limbique, qui ne pourrait être bien contrôlé par le cortex préfrontal relativement moins développé à l'adolescence (Casey et al., 2008; Defoe, Dubas, Figner, & van Aken, 2015; Rutherford, Mayes, & Potenza, 2010). Étant donné que le cortex préfrontal poursuit son développement durant l'adolescence, période caractérisée par l'exploration de la consommation de substances, examiner les corrélats des fonctions qu'il sous-tend, tels que la fonction exécutive, pourrait permettre de mieux comprendre les mécanismes menant à la consommation ainsi que les répercussions de celle-ci sur le cerveau de l'adolescent.

### **La fonction exécutive et la consommation de substances**

Si le cortex préfrontal se développe de manière linéaire tout au long de l'adolescence, il en serait de même pour la fonction exécutive qu'il sous-tend. La fonction exécutive est un terme qui inclut l'ensemble des processus cognitifs permettant de contrôler et de guider les comportements, dans le but d'atteindre un objectif, lorsque le recours aux processus automatiques n'est pas possible ou que leur utilisation ne serait pas optimale dans la situation (Jurado & Rosselli, 2007; Miyake et al., 2000; Pinsonneault, Parent, Castellanos-Ryan, & Séguin, 2015). Cet ensemble de processus comprend l'attention sélective, la mémoire de travail, le contrôle inhibiteur et la flexibilité cognitive (Garon, Bryson, & Smith, 2008; Miyake et al., 2000; Stuss, 2011), qui sont impliqués dans différentes phases menant à la résolution de problème, soit la représentation du problème, la planification d'une solution, l'exécution du plan et l'évaluation de l'efficacité de la solution (Pinsonneault et al., 2015; Zelazo, Blair, & Willoughby, 2016).

De plus en plus d'études longitudinales appuient l'hypothèse selon laquelle une plus faible fonction exécutive permet de prédire la consommation de substances à différents moments de l'adolescence (Castellanos-Ryan et al., 2017; Fernie et al., 2013; Gustavson et al., 2017; Khurana et al., 2015; Khurana, Romer, Betancourt, & Hurt, 2017; Peeters et al., 2015). Notamment, il a été

trouvé qu'une plus faible capacité de mémoire de travail, un processus clé impliqué dans toutes les phases de la fonction exécutive (Carlson, 2013), permettent de prédire la consommation de substances à l'adolescence (Castellanos-Ryan et al., 2017; Khurana et al., 2017; Peeters et al., 2015). La mémoire de travail réfère à la capacité à maintenir et à manipuler en mémoire l'information servant à guider les comportements en utilisant l'information qui n'est pas présente dans l'environnement immédiat (Baddeley & Hitch, 1994; D'Esposito & Postle, 2015). Ce processus cognitif lié à l'activation du cortex préfrontal dorsolatéral (Barbey, Koenigs, & Grafman, 2013) se développe graduellement à l'adolescence (Luna, Garver, Urban, Lazar, & Sweeney, 2004) et jusqu'à l'âge adulte (Simmonds, Hallquist, & Luna, 2017). Sur le plan théorique, la mémoire de travail permettrait l'utilisation efficace des informations contenues en mémoire ainsi que dans l'environnement immédiat afin de faire l'évaluation des risques et ainsi prendre une décision éclairée face à la consommation (Bechara et al., 2019). Bien que la mémoire de travail, dès la préadolescence, permette de prédire la consommation de substances plus tard à l'adolescence (Castellanos-Ryan et al., 2017; Khurana et al., 2017; Peeters et al., 2015), aucune étude n'a encore examiné le rôle de la mémoire de travail dès l'enfance (avant l'âge de 10 ans) dans la prédiction de la consommation plus tard dans la vie.

Les études précédentes tiennent compte d'un lien développemental dans une direction, soit de la fonction exécutive pour prédire la consommation plus tard. Cependant, étant donné que la maturation des régions responsables de la capacité de mémoire de travail se poursuit durant l'adolescence, il serait également possible que la consommation de substances durant cette période ait un effet sur le développement de ces régions. En effet, une étude longitudinale a montré que le cerveau des jeunes qui consomment fréquemment une grande quantité d'alcool (plus de cinq consommations en une même occasion) se développe différemment des jeunes qui ne consomment pas d'alcool (Squeglia et al., 2015). Ainsi, la diminution de la matière grise serait plus rapide et

l'augmentation de la matière blanche serait plus lente chez les consommateurs, notamment dans les régions frontales. De manière transversale, il a été montré qu'une fréquence de consommation de cannabis plus élevée est associée à une plus grande activation du cortex préfrontal dorsolatéral durant une tâche de mémoire de travail spatiale (Taurisano et al., 2016; Tervo-Clemmens et al., 2018). Ces résultats suggèrent que le développement du cerveau, et des fonctions cognitives qu'il sous-tend, pourrait être affecté par la consommation de substances.

Cependant, les études ayant examiné les effets neurotoxiques de la consommation de substances de manière prospective n'ont pas montré d'effet de la consommation d'alcool sur la capacité de mémoire de travail à l'adolescence et au début de l'âge adulte (Khurana et al., 2013; Nguyen-Louie et al., 2018; Squeglia, Spadoni, Infante, Myers, & Tapert, 2009). Concernant les effets de la consommation de cannabis, des études longitudinales suggèrent que la consommation de cette substance permettrait de prédire une plus faible fonction exécutive à l'adolescence et à l'âge adulte, mais notent que ces effets ne seraient pas spécifiques à la mémoire de travail (Castellanos-Ryan et al., 2017; Meier et al., 2012; Squeglia et al., 2009; Tervo-Clemmens et al., 2018).

Plusieurs études prospectives ont démontré que la capacité de mémoire de travail, mesurée dès la préadolescence, permet de prédire négativement la consommation d'alcool plus tard à l'adolescence (Castellanos-Ryan et al., 2017; Khurana et al., 2017; Peeters et al., 2015). Selon les plus récents résultats de recherche, ce serait donc une plus faible capacité de mémoire de travail qui pourrait mener à la consommation de substances, plutôt que l'effet inverse. Mais il serait aussi possible que la relation prédictive entre la capacité de mémoire de travail et la consommation de substances soit expliquée par une tendance générale à agir sans réfléchir. Ainsi, conformément au modèle des deux systèmes (Steinberg, 2010), un adolescent ayant une plus faible capacité de mémoire de travail pourrait éprouver plus de difficultés à considérer toutes les informations

contenues en mémoire afin de prendre une décision face à une situation incitant à la consommation et serait donc plus enclin à prendre une décision de consommer de manière impulsive.

### **L'impulsivité et la consommation de substances**

Étant liée à la capacité d'inhibition (Hester, Murphy, & Garavan, 2004), une plus faible capacité de mémoire de travail est aussi associée à une personnalité plus impulsive (Bobova, Finn, Rickert, & Lucas, 2009; Gunn & Finn, 2013; Khurana et al., 2017; Romer et al., 2009; Stautz, Pechey, Couturier, Deary, & Marteau, 2016; Wardell, Quilty, & Hendershot, 2016). Il existe plusieurs formes d'impulsivité se mesurant parfois de manière comportementale, parfois de manière cognitive. Quoique ces deux formes se chevauchent, l'impulsivité cognitive peut référer à des tendances à la prise de décision, ou à des biais cognitifs automatiques, mais également aux formes mesurées en laboratoire ou en recherche animale (Evenden, 1999). L'impulsivité se caractérise généralement par la tendance à agir promptement, sans réfléchir aux conséquences négatives de ses comportements (Woicik, Stewart, Pihl, & Conrod, 2009), une tendance générale se caractérisant par une plus faible capacité à inhiber ses comportements qui est associée négativement à l'inhibition de réponse (*response inhibition*) (Castellanos-Ryan, Rubia, & Conrod, 2011) et positivement à la consommation de substances à l'adolescence (Castellanos-Ryan & Conrod, 2012; Rioux, Castellanos-Ryan, Parent, & Séguin, 2016; Stautz & Cooper, 2013). Certaines études ont montré des niveaux d'impulsivité plus élevés chez les étudiants consommant de l'alcool de manière excessive (Moreno et al., 2012) et du cannabis (Solowij et al., 2012). En revanche, le devis transversal utilisé dans ces études ne permet pas de déterminer si l'impulsivité précède la consommation de substances ou l'inverse.

Quoique le modèle théorique des deux systèmes soit extrêmement riche, il porte surtout sur le développement simultané et les écarts dans ce développement des deux systèmes en question. Il ne porte pas sur les séquences de développement ni ne tient compte de modifications potentielles de

l'environnement, qu'elles soient sociales ou biologiques, telles que la consommation de substances, sur le cerveau ou les comportements. Deux autres modèles théoriques développementaux complémentaires mais ancrés dans des perspectives de développement de la personnalité et de la santé mentale pourraient être pertinents ici. Le modèle de vulnérabilité (ou de prédisposition) (Krueger & Tackett, 2003; Tackett, 2006) suggère que de posséder certains traits de personnalité dès l'enfance pourrait rendre une personne plus à risque de développer une psychopathologie. Dans le cas présent, cette théorie suggère qu'une personnalité plus impulsive pourrait rendre l'adolescent plus susceptible de développer un problème de consommation de substance (Krueger & Tackett, 2003; Tackett, 2006). À l'inverse, le modèle cicatriciel (Krueger & Tackett, 2003; Tackett, 2006) propose que le développement d'une psychopathologie pourrait modifier un trait de personnalité relativement à son niveau initial. Dans le contexte de la consommation de substances, cela signifierait que le développement d'un problème de consommation viendrait influencer le niveau d'impulsivité du jeune.

**L'impulsivité et la consommation d'alcool.** Bien que ces théories semblent à l'opposé l'une de l'autre, toutes deux sont soutenues empiriquement pour la consommation d'alcool. En effet, des études longitudinales suggèrent l'existence d'associations bidirectionnelles entre l'impulsivité et la consommation d'alcool à l'adolescence (Kaiser, Bonsu, Charnigo, Milich, & Lynam, 2016; Malmberg et al., 2013; Quinn, Stappenbeck, & Fromme, 2011; White et al., 2011). Il serait donc possible qu'une personnalité plus impulsive à l'adolescence influence la consommation d'alcool qui, réciproquement, influence le niveau d'impulsivité les années subséquentes. Si le modèle de vulnérabilité trouve un soutien empirique à l'adolescence, le soutien de cette théorie est moins clair lorsque l'impulsivité est mesurée dès l'enfance.

En effet, il a été montré qu'une intervention visant à améliorer la capacité d'autocontrôle chez des garçons de 6 ans permettait de réduire la consommation d'alcool à 14 ans mais ne

permettait pas de réduire l'augmentation de la consommation d'alcool entre 14 et 17 ans (Castellanos-Ryan, Séguin, Vitaro, Parent, & Tremblay, 2013). D'autres études se sont penchées sur le lien prédictif entre le niveau d'impulsivité à l'enfance et la consommation d'alcool à l'adolescence. Leurs résultats ont montré que l'augmentation de l'impulsivité entre 9 et 17 ans permettait de prédire la consommation d'alcool à l'adolescence (White et al., 2011). De manière similaire, il a été montré que l'augmentation de l'impulsivité entre 9 et 15 ans prédisait la fréquence de consommation d'alcool à 15 ans. En revanche, le niveau d'impulsivité à 9 ans ne permettait pas à lui seul de prédire la consommation plus tard (Pedersen, Molina, Belendiuk, & Donovan, 2012). Une étude utilisant le même échantillon que le présent mémoire a montré que l'impulsivité à 6 ans ne permettait pas de prédire la fréquence de consommation d'alcool à 15 ans (Rioux, Castellanos-Ryan, Parent, Vitaro, et al., 2016). Toutefois, une autre étude a montré que l'impulsivité à 2 ans ne permettait pas de prédire la consommation de substances à 12 et 15 ans mais prédisait significativement la consommation à 22 ans. Cependant, cette dernière étude examinait la consommation d'alcool, de cannabis et tabac de manière indifférenciée, ce qui ne permet pas de déterminer si l'effet de l'impulsivité est commun ou spécifique à la consommation de chacune de ces substances (Hentges, Shaw, & Wang, 2018). En somme, les études ayant examiné la relation prédictive entre l'impulsivité, mesurée dès l'enfance, et la consommation d'alcool à l'adolescence présentent des résultats mitigés. Il est donc nécessaire d'examiner comment l'impulsivité mesurée dès l'enfance permet de prédire la consommation à travers l'adolescence.

**L'impulsivité et la consommation de cannabis.** Les études qui ont examiné la relation entre l'impulsivité et la consommation de cannabis de manière prospective semblent soutenir le modèle de vulnérabilité. En effet, une étude montréalaise a montré qu'une plus grande impulsivité à 12-13 ans, avant toute expérimentation avec le cannabis, était associée à une augmentation du risque de consommer du cannabis de manière quotidienne à 20 ans (Dugas et al., 2019). De manière

similaire, une étude portant sur un échantillon de garçons montréalais a trouvé qu'une impulsivité plus élevée à 13 ans était associée à l'initiation de la consommation de cannabis plus tôt à l'adolescence (Rioux et al., 2018). De plus, il a été montré qu'une intervention visant à diminuer l'impulsivité chez des garçons de 6 ans permettait de réduire le nombre de drogues utilisées entre 14 et 17 ans (Castellanos-Ryan, Séguin, et al., 2013). En revanche, trop peu d'études ont testé la relation prédictive entre la consommation de cannabis et l'impulsivité de manière prospective. En effet, si une étude chez des adolescents a trouvé que la consommation d'alcool, de cannabis et de tabac prédisait une impulsivité plus élevée l'année suivante (Martinez-Loredo, Fernandez-Hermida, de La Torre-Luque, & Fernandez-Artamendi, 2018), l'effet du cannabis n'était pas départagé de celui des autres substances, ce qui ne permet pas de déterminer si cet effet est spécifique au cannabis ou commun aux autres substances. La seule étude ayant examiné précisément l'effet du cannabis sur l'impulsivité a montré que la consommation de cette substance était associée à une augmentation de l'impulsivité le jour même ainsi que le jour suivant la consommation chez de jeunes adultes (Ansell, Laws, Roche, & Sinha, 2015). Cependant, aucune étude longitudinale n'a encore examiné cette relation, indépendamment de la consommation d'autres substances, chez les adolescents à plus long terme. Ainsi, alors que ces résultats suggèrent que la consommation de cannabis influence le niveau d'impulsivité, ce qui supporte le modèle cicatriciel, il est nécessaire de tester cette association sur une plus longue période afin de déterminer si cet effet perdure à travers le temps.

### **La mémoire de travail et l'impulsivité**

Étant donné qu'une plus faible capacité de mémoire de travail, ainsi que l'impulsivité, sont associées positivement à la consommation de substances à l'adolescence et qu'il existe aussi une association négative entre la mémoire de travail et l'impulsivité (Bobova et al., 2009; Gunn & Finn, 2013; Khurana et al., 2017; Romer et al., 2009; Stautz et al., 2016), il serait possible que

l'impulsivité agisse comme médiateur de l'association entre la capacité de mémoire de travail et la consommation de substances. Ainsi, une plus faible capacité de mémoire de travail pourrait faire en sorte qu'une moins grande quantité d'information puisse être contenue et utilisée simultanément afin de prendre une décision éclairée face à la consommation (Hinson, Jameson, & Whitney, 2003). En effet, une étude transversale, menée chez une population adulte, a montré un effet médiateur de l'impulsivité dans la relation entre la mémoire de travail et les problèmes de consommation d'alcool (Gunn & Finn, 2013). Une étude longitudinale examinant des courbes de croissance de la mémoire de travail, de l'impulsivité et de la consommation d'alcool, mesurées annuellement entre 11 et 14 ans, a trouvé que cet effet médiateur de l'impulsivité était présent seulement sur l'intercept (c.-à-d., niveau initial) des variables (Khurana et al., 2013). Ainsi, cette étude appuie l'hypothèse selon laquelle l'association entre la mémoire de travail et la consommation d'alcool est médiée par l'impulsivité de manière transversale à 11 ans. Une seconde étude chez les mêmes jeunes examinant des trajectoires de classes latentes de la mémoire de travail, de l'impulsivité et de la consommation de substances, mesurées annuellement entre 12 et 15 ans, a trouvé que la mémoire de travail à 12 ans permettait de prédire la progression dans la consommation de substances (alcool, marijuana, tabac) entre 12 et 15 ans et que cette relation était médiée par l'impulsivité à 12 ans (Khurana et al., 2015).

Des études ont donc trouvé un effet médiateur de l'impulsivité dans la relation entre la mémoire de travail et la consommation de substances. Cependant, la mémoire de travail et l'impulsivité étaient examinées au même temps de mesure dans ces études, ce qui ne permet pas de vérifier si la capacité de mémoire de travail prédispose à l'impulsivité. En effet, la possibilité d'une relation inverse entre la mémoire de travail et l'impulsivité n'a pas été contrôlée dans ces études. De plus, aucune étude n'a examiné le rôle médiateur de l'impulsivité dans la relation entre la mémoire de travail, toutes deux mesurées dès l'enfance, et la consommation à l'adolescence. Examiner cette

association dès l'enfance, plutôt que seulement à l'adolescence, pourrait permettre un dépistage précoce des facteurs de risque de consommation de substances, et ainsi informer des programmes de prévention visant la consommation de substances avant même les premières expérimentations avec celles-ci. Ainsi, des interventions basées sur la personnalité ont déjà été montrées leur efficacité pour réduire la consommation d'alcool (Conrod, Castellanos-Ryan, & Mackie, 2011; O'Leary-Barrett, Mackie, Castellanos-Ryan, Al-Khudhairi, & Conrod, 2010) et de drogues (Conrod, Castellanos-Ryan, & Strang, 2010) à l'adolescence. Il est d'autant plus pertinent de dépister les facteurs de risque liés à la personnalité dès l'enfance puisqu'il a été montré qu'une intervention préventive visant à améliorer la capacité d'autocontrôle dès 6 ans permettait de réduire la consommation de substances à l'adolescence et que cet effet était expliqué, en partie, par une réduction de l'impulsivité (Castellanos-Ryan, Séguin, et al., 2013). Toutefois, en regard de la littérature récente recensée plus tôt, il serait possible que ces interventions puissent être améliorées par la prise en compte de fonctions cognitives associées à l'impulsivité, telles que la mémoire de travail.

Bien que les résultats concernant l'efficacité des entraînements cognitifs pour modifier le comportement soient mitigés (Cortese et al., 2015), quelques études récentes suggèrent que l'entraînement à la mémoire de travail pourrait faire partie d'une stratégie d'intervention auprès de toxicomanes (Bechara et al., 2019). En effet, les études qui ont testé ces entraînements cognitifs ne tiennent pas compte de la personnalité des individus qui peut être complémentaire à ces habiletés cognitives. Si la personnalité et le développement cognitif peuvent avoir un impact sur l'efficacité de ces interventions, il serait aussi possible que d'autres caractéristiques, telles que le sexe, aient une influence sur les facteurs de risque de consommation ainsi que sur les impacts de celle-ci.

## **Rôle du sexe de l'enfant dans les associations entre la mémoire de travail, l'impulsivité et la consommation de substances**

Certaines études transversales suggèrent que les associations entre la consommation de substances et le développement du cortex préfrontal pourraient être différentes chez les garçons et les filles. En effet, une étude en neuroimagerie structurale portant sur des jeunes de 15 à 17 ans a montré que les filles présentant un trouble de consommation d'alcool avaient un cortex préfrontal moins volumineux que les filles qui n'avaient pas ce trouble. À l'inverse, les garçons qui avaient un trouble de consommation d'alcool avaient un cortex préfrontal plus volumineux que les garçons qui n'avaient pas de problème de consommation d'alcool (Medina et al., 2008). De plus, une étude transversale en neuroimagerie fonctionnelle chez des jeunes de 14 à 17 ans a montré qu'en réponse à une tâche de mémoire de travail spatiale, les garçons présentant un trouble de consommation d'alcool présentaient plus d'activation dans les régions frontales que les garçons ne présentant pas ce trouble tandis que les filles avec un trouble de consommation d'alcool avaient moins d'activation dans ces régions que les filles qui n'avaient pas ce trouble (Caldwell et al., 2005).

Des résultats similaires ont été obtenus chez des jeunes de 16 à 19 ans effectuant une tâche de mémoire spatiale. En effet, il a été montré que les filles qui présentaient une consommation excessive d'alcool avaient moins d'activation dans toutes les régions du cerveau que les filles qui ne consommaient pas d'alcool. À l'inverse, les garçons qui avaient une consommation excessive d'alcool montraient plus d'activation pendant la tâche que les participants du même sexe qui ne consommaient pas de manière excessive (Squeglia, Schweinsburg, Pulido, & Tapert, 2011). Chez les filles consommant de l'alcool de manière excessive, cette hypoactivation était associée à une plus faible capacité de mémoire de travail et d'attention (Squeglia et al., 2011).

La littérature concernant la consommation de cannabis suggère des différences sexuelles similaires. En effet, une étude portant sur des jeunes de 16 à 18 ans a montré que les filles qui

consommaient du cannabis avaient un cortex préfrontal plus volumineux que les filles qui ne consommaient pas de cannabis. À l'inverse, les garçons qui consommaient du cannabis avaient un cortex préfrontal moins volumineux que les participants du même sexe qui n'en consommaient pas (tendance  $p < 0,09$ ). De plus, chez les consommateurs, un cortex préfrontal plus volumineux était associé à un meilleur fonctionnement cognitif tandis que cette relation était inverse chez les participants qui ne consommaient pas de cannabis (Medina et al., 2009).

Pris ensemble, ces résultats suggèrent donc que le sexe pourrait modérer le lien entre la consommation d'alcool et le développement du cortex préfrontal chez les adolescents. En effet, il serait possible que les filles soient plus sensibles aux effets neurotoxiques de la consommation de substances. En revanche, les études qui ont regardé ces associations utilisaient un devis transversal qui ne permettait pas de contrôler pour la causalité inverse. L'utilisation de ce devis ne permet donc pas de déterminer si des altérations dans le développement du cerveau prédisposent à la consommation ou l'inverse. De plus, on ne sait pas dans quelle mesure la mémoire de travail, mesure fonctionnelle liée au développement du cortex préfrontal, ou l'impulsivité pourrait jouer un rôle selon le sexe. En effet, les études qui ont examiné l'effet médiateur de l'impulsivité dans la relation entre la mémoire de travail et la consommation de substance n'ont pas pris en compte ces différences sexuelles potentielles.

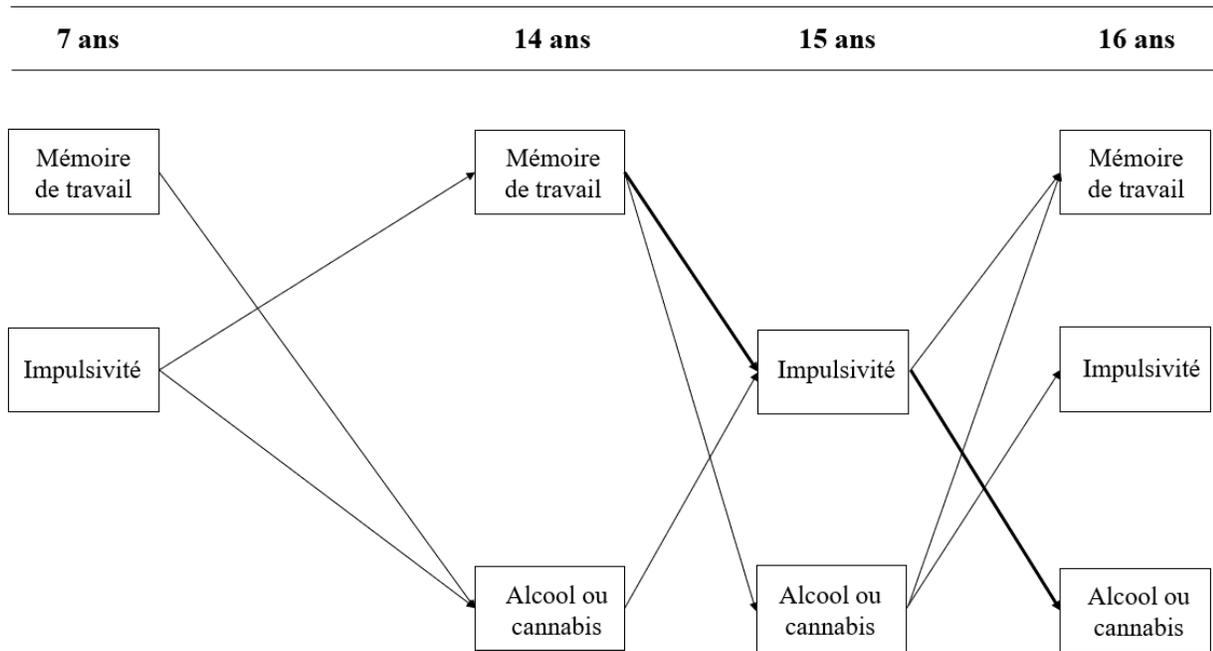
### **Objectifs et hypothèses**

Le présent projet vise donc à examiner le rôle de la mémoire de travail et de l'impulsivité dès l'enfance (7 ans) dans la prédiction de la consommation d'alcool et de cannabis entre 14 et 16 ans. Plus précisément, le modèle de vulnérabilité sera testé en examinant si la mémoire de travail et l'impulsivité à 7 ans précèdent la consommation de l'une de ces substances à l'adolescence. Les associations bidirectionnelles entre la mémoire de travail, l'impulsivité et la consommation de chacune des substances seront étudiées à travers l'adolescence. Examiner ces associations permettra

donc d'examiner le modèle de vulnérabilité à l'adolescence, ainsi que de tester le modèle cicatriciel en vérifiant si la consommation de substances à l'adolescence a un effet sur la personnalité. Afin de distinguer l'apport unique de chacune des substances, la consommation d'alcool et de cannabis sera examinée de manière isolée dans deux modèles distincts. Étant donné que certaines études suggèrent que le développement des régions responsables de la capacité d'inhibition et de mémoire de travail peuvent être reliées de manière différentielle chez les garçons et les filles (Caldwell et al., 2005; Medina et al., 2008; Squeglia et al., 2011), ces liens seront aussi examinés indépendamment pour chaque sexe.

Les hypothèses soulevées sont (1a) qu'une plus faible capacité de mémoire de travail ainsi qu'une (1b) impulsivité plus élevée à 7 ans (conformément au modèle de vulnérabilité) seront toutes deux positivement associées à une augmentation de la consommation de substances entre 14 et 16 ans (2) comme présenté dans la Figure 2, un effet médiateur de la capacité de mémoire de travail présente dès 7 ans, qui passera par l'impulsivité à 15 ans, sera observé dans la prédiction de la consommation de substances à 16 ans ; (3) en accord avec le modèle cicatriciel, l'augmentation de la consommation de substances entre 14 et 16 ans sera positivement associée à l'impulsivité à 15 et 16 ans ainsi qu'à une plus faible capacité de mémoire de travail à 14 et 16 ans ; (4) et cet effet sera plus marqué chez les filles que chez les garçons.

Figure 2. *Modèle hypothétique longitudinal à décalage croisé pour la mémoire de travail, l'impulsivité et la consommation de substances.*



*Note : Les liens en gras montrent l'effet médiateur postulé selon l'hypothèse 2 soit la relation entre la mémoire de travail et la consommation de substances qui passe par l'impulsivité.*

## Méthode

### Participants

Les participants proviennent d'une étude longitudinale visant la compréhension du développement psychologique, social et cognitif des enfants québécois (Santé Québec, 1997). Pour faire partie de l'étude, les familles devaient résider à moins d'une heure des villes de Montréal et de Québec et devaient comprendre le français ou l'anglais. Ces enfants, suivis annuellement depuis l'âge de cinq mois, proviennent de différents milieux économiques des régions urbaines de Montréal et Québec. Parmi les 1000 familles sélectionnées aléatoirement à partir du registre des naissances de 1996-1997, 572 ont accepté de participer à l'étude, formant ainsi l'échantillon initial. Cet échantillon possédait certaines caractéristiques différentes de celles d'un échantillon populationnel d'enfants québécois de 5 mois (Tremblay et al., 2004). En effet, bien qu'il n'y ait pas de différence quant au revenu familial et à l'âge du père, les mères de cet échantillon étaient plus

âgées que celles de la population ( $M = 29.9$  ans contre  $M = 28.8$  ans). De plus, les parents de cet échantillon étaient plus nombreux à avoir complété leurs études secondaires (89.7% contre 84%) et à avoir obtenu un diplôme d'études postsecondaires (57.1% contre 50.4%).

Le formulaire de consentement a été signé par le parent au premier temps de mesure et a été renouvelé à chaque temps de collecte par la suite. L'assentiment des enfants a été obtenu à partir de l'âge de 9 ans avant chaque évaluation. À chaque récolte de données, les parents ont obtenu une compensation financière. Les enfants ont reçu un jouet jusqu'à l'âge de 12 ans et ont reçu une compensation financière les années subséquentes. Au cours des années, ce projet a été approuvé par les comités d'éthique de l'Institut de la Statistique du Québec, de l'hôpital Louis-H. Lafontaine et du centre de recherche du CHU Ste-Justine, selon le cas.

Pour cette étude-ci, l'échantillon comprenait 211 participants (54% filles) ayant au moins une mesure pour la mémoire de travail et la consommation de substance entre 14 et 16 ans. Parmi ces 211 participants, 176 ont participé à 7 ans, 187 à 14 ans, 192 à 15 ans et 166 à 16 ans. Des analyses de tests  $t$  ont révélé que les 211 participants adolescents qui sont inclus pour le présent projet sont significativement différents des 361 participants qui ont seulement participé durant l'enfance. En effet, les mères avaient un niveau de scolarité plus élevé pour ceux qui ont participé à l'adolescence ( $M = 4,71$ ,  $ÉT = 2.10$ ) que ceux qui n'ont pas participé ( $M = 4,32$ ,  $ÉT=2.02$ ) ;  $t(550) = -2,16$ ,  $p = 0,03$ . Les jeunes qui ont fait partie de l'échantillon à l'adolescence étaient aussi moins impulsifs à 7 ans ( $M = 4,32$ ,  $ÉT = 0,88$ ) que ceux qui n'ont pas participé à l'adolescence ( $M = 4,56$ ,  $ÉT=0,90$ ) ;  $t(293) = 2,23$ ,  $p = 0,03$ ). Cependant, les adolescents faisant partie de l'échantillon n'étaient pas significativement différents des participants à l'enfance quant au revenu familial ( $t(536) = -1,19$ ,  $p = 0,24$ ), l'âge de la mère ( $t(568) = -0,21$ ,  $p = 0,84$ ) et du père ( $t(536) = -0,98$ ,  $p = 0,33$ ) à la naissance et à la mémoire de travail à 7 ans ( $t(274) = -1,64$ ,  $p = 0,10$ ). Les participants inclus pour le présent projet étaient majoritairement de descendance européenne (95,7%). À 7 ans,

10,5% des enfants étaient enfant unique, 56,5% avaient un frère ou une sœur, 26,5% avaient deux frères et/ou sœurs et 6,5% avaient trois frères et/ou sœurs. À la naissance de l'enfant, 35,4% des mères détenaient un diplôme universitaire, 21,5% un diplôme d'études collégiales, 9,6% un diplôme d'études professionnelles, 23,9% un diplôme d'études secondaires et 9,6% ne possédaient aucun diplôme.

### **Procédure**

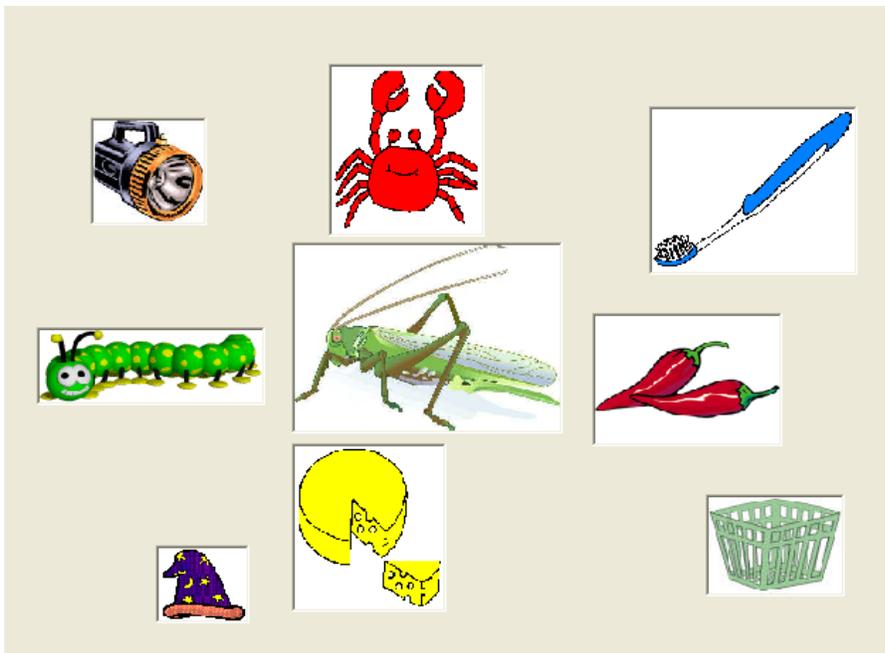
Afin d'obtenir son consentement, le parent ou le tuteur légal de l'enfant était invité à participer, annuellement, par voie postale. Un rendez-vous était ensuite fixé afin qu'une assistante de recherche puisse administrer les questionnaires et les tâches cognitives inclus dans l'étude principale. Dans le cadre de l'étude longitudinale, la mère a répondu à des questions sur les comportements impulsifs de l'enfant à 7 ans alors que le jeune a répondu à des questions sur son niveau d'impulsivité à 15 et 16 ans ainsi que sur sa consommation d'alcool et de cannabis à 14, 15 et 16 ans. Une tâche cognitive mesurant la mémoire de travail a été administrée lorsque l'enfant avait 7 ans ainsi qu'à 14 et 16 ans.

### **Mesures**

**Mémoire de travail.** À 7 ans, une adaptation pour enfant du *Self-Ordered Pointing Task* (SOPT) de Petrides et Milner (1982) qui est associée à l'activation du cortex préfrontal dorsolatéral (Petrides, Alivisatos, Evans, & Meyer, 1993) a été utilisée. Dans cette version pour enfant nommée le *Random Object Span Task* (ROST) (Hongwanishkul, Happaney, Lee, & Zelazo, 2005), des images sont présentées sur un écran d'ordinateur. L'enfant reçoit la consigne de choisir toutes les images, une seule à la fois. Chaque fois qu'un stimulus est sélectionné, tous les stimuli se mélangent sur l'écran et donc, les mêmes images sont présentées de nouveau mais sont disposées de manière différente. L'ordre de présentation des différentes positions est déterminé au hasard. Pour bien performer dans la tâche, l'enfant doit conserver ses sélections précédentes en mémoire afin de ne

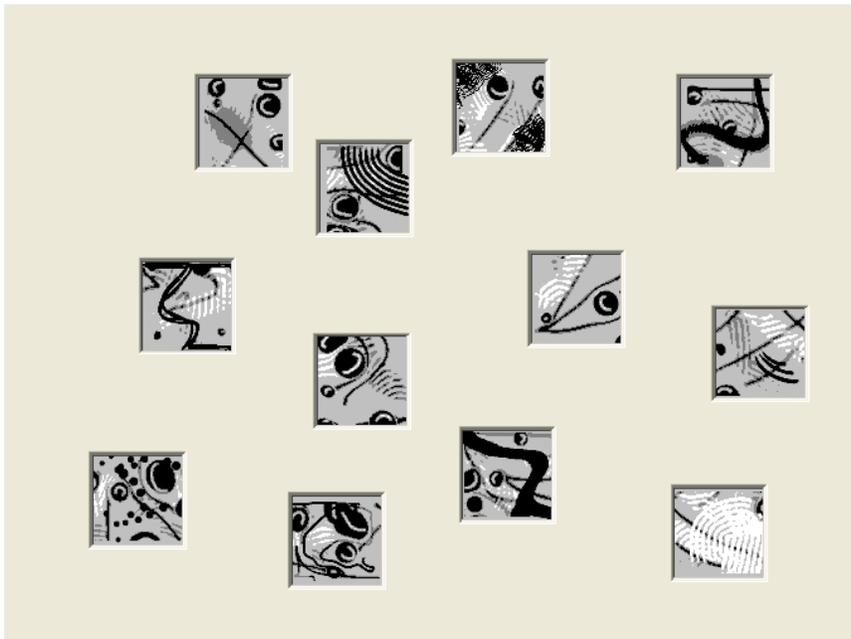
pas choisir la même image deux fois. Dans l'adaptation pour enfants, ce sont des stimuli concrets qui sont présentés. Ainsi, bien que cette stratégie ne lui soit pas proposée, il est possible pour l'enfant d'encoder les images verbalement en les sélectionnant. Un essai de pratique comprenant deux images est offert à l'enfant pour lequel il reçoit une rétroaction sur sa performance. Aucune rétroaction ne lui est offerte une fois la tâche débutée. La tâche démarre avec un ensemble de deux images, puis ce nombre croît graduellement pour atteindre un maximum de neuf images. Deux ensembles d'images différents sont présentés pour chaque niveau de difficulté, pour un total de 16 ensembles d'images différents. Par exemple, comme présenté à la Figure 3, l'enfant lorsque rendu à un niveau comportant neuf images doit choisir, une à la fois, neuf images différentes d'un premier ensemble d'images, puis il doit ensuite choisir, une à la fois, neuf autres images d'un ensemble différent. Il n'y a pas de critère d'arrêt, ce qui signifie que le test est administré en entier, jusqu'au huitième niveau, peu importe le nombre d'erreurs que commet l'enfant. Le score utilisé à 7 ans est une somme des fractions de succès calculée par le nombre de succès par essai divisé par le nombre de choix possibles.

Figure 3. Exemple de stimuli concrets présentés dans le ROST.



À 14 et 16 ans, la mémoire de travail a été mesurée par la version originale du SOPT (Petrides & Milner, 1982). Alors que dans le ROST les stimuli sont concrets, dans le SOPT, douze stimuli *abstrait*s sont présentés sous forme d'images sur un écran d'ordinateur (voir Figure 4). Afin d'augmenter le niveau d'interférence, la tâche est par la suite répétée à deux reprises. Il n'y a aucun critère d'arrêt pour la tâche, celle-ci doit donc être effectuée en entier peu importe le nombre d'erreurs que commet le participant. La somme des fractions de succès aux trois essais, calculée à partir de la somme des réussites au test divisée par le nombre d'essais possibles, a été utilisée comme mesure de performance à 14 et 16 ans.

Figure 4. *Stimuli abstraits présentés dans le SOPT.*



**Impulsivité.** À 7 ans, l'impulsivité a été rapportée par la mère avec l'échelle d'impulsivité du *Children's Behavior Questionnaire* (Rothbart, Ahadi, Hershey, & Fisher, 2001). L'échelle comprend 6 items répondus sur une échelle de Likert à sept points (voir Tableau 1). À 15 et 16 ans, l'impulsivité a été autorapportée par l'adolescent avec cinq items provenant du *Substance Use Risk Profile Scale* (SURPS; Castonguay-Jolin et al., 2013; Woicik et al., 2009). L'échelle de réponse est

de type Likert et comprend quatre points (voir Tableau 1). L'item « Je sens qu'il faut que je sois un peu manipulateur pour obtenir ce que je veux » de l'échelle d'impulsivité du SURPS a parfois été identifié dans des études précédentes comme étant problématique. En effet, dans les analyses factorielles effectuées, la saturation de cet item n'était pas particulièrement élevée sur l'échelle d'impulsivité (Castonguay-Jolin et al., 2013; Krank et al., 2011). Les analyses du présent mémoire ont donc aussi été effectuées sans cet item. Comme aucune différence n'a été trouvée, les résultats portant sur l'échelle originale sont présentés.

Tableau 1. *Items et cohérence interne (alpha de Cronbach) pour l'impulsivité à 7, 15 et 16 ans.*

Temps de mesure	Items	Réponses	Alpha de Cronbach
7 ans	1. A l'habitude de se précipiter dans une activité sans trop y réfléchir.		0,52
	2. Se précipite souvent dans les situations nouvelles.		
	3. Prend beaucoup de temps avant d'aborder des situations nouvelles.	(1) extrêmement inexact (2) plutôt inexact (3) légèrement inexact	
	4. Est lent/lente et peu pressé/pressée de décider quoi faire à la suite d'une activité	(4) ni vrai ni faux (5) légèrement exact (6) plutôt exact (7) extrêmement exact	
	5. Tend à dire la première chose qui lui vient à l'esprit et maintient cette opinion		
	6. Est parmi les derniers enfants à essayer une nouvelle activité		
15 ans	1. Je ne réfléchis pas toujours avant de parler		0,72
	2. Je fais souvent des choses que je regrette ensuite d'avoir faites.		
16 ans	3. D'habitude, je ne réfléchis pas avant de faire quelque chose.	(1) Fortement en désaccord (2) En désaccord (3) En accord	0,73
	4. En général, je suis une personne impulsive.	(4) Fortement en accord	
	5. Je sens qu'il faut que je sois un peu manipulateur pour obtenir ce que je veux		

**Consommation de substances.** La fréquence de consommation d'alcool et de cannabis au cours des 12 derniers mois a été autorapportée annuellement par les adolescents à 14, 15 et 16 ans avec des items provenant de l'Enquête québécoise sur le tabac, l'alcool, la drogue et le jeu chez les élèves du secondaire (Institut de la statistique du Québec, 2007). La fréquence de consommation

d'alcool a été mesurée par l'item « Au cours des 12 derniers mois, à quelle fréquence as-tu consommé de l'alcool ? ». Cet item se répond sur une échelle allant de (0) « Je n'ai jamais consommé d'alcool » à (7) « Tous les jours ». La fréquence de consommation de cannabis a été rapportée par les adolescents sur l'item « Au cours des 12 derniers mois, à quelle fréquence as-tu consommé du cannabis ? », l'échelle de réponse allant de (0) « Je n'ai jamais consommé » à (7) « Tous les jours ».

**Sexe.** Le sexe biologique de l'enfant a été obtenu selon le dossier obstétrique de la mère et est catégorisé de la manière suivante : (1) garçon et (2) fille.

**Revenu familial.** Le revenu familial a été inclus comme variable auxiliaire et a été obtenu lorsque l'enfant avait 5 mois. Les mères devaient indiquer le revenu de leur ménage sur une échelle de proportion à 8 points : (1) moins de 10 000 \$, (2) 10 000 – 14 999 \$, (3) 15 000 – 19 999 \$, (4) 20 000 – 29 999 \$, (5) 30 000 – 39 999 \$, (6) 40 000 – 59 999\$, (7) 60 000 – 79 999 \$, (8) 80 000 et plus.

### **Traitement statistique**

Les analyses préliminaires telles que les statistiques descriptives, les corrélations bivariées, les tests d'attrition, les tests de différence selon le sexe et le test de prédiction des données manquantes ont été effectués avec la version 23 du logiciel Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). La modélisation par équation structurelle (MES) a été utilisée pour effectuer des modèles longitudinaux à décalage croisé [*cross-lag model*] à l'aide du logiciel Mplus 7.0 (Muthén & Muthén, 2012) afin d'estimer les associations entre la mémoire de travail, l'impulsivité et la consommation d'alcool et de cannabis à différentes étapes du développement, de façon concomitante et prospective. Ce type d'analyse longitudinale permet d'examiner les effets bidirectionnels entre les variables (effets croisés dans le temps), tout en contrôlant pour leur stabilité temporelle.

Deux modèles ont donc été testés de manière indépendante afin de prédire la fréquence de consommation (1) d'alcool et (2) de cannabis entre 14 à 16 ans. Une analyse multigroupe a ensuite été effectuée pour chacun de ces modèles dans le but de tester un possible effet de modération par le sexe dans les associations. Finalement, comme il est possible que les participants présentaient une consommation concomitante de ces deux substances, des modèles supplémentaires ont été testés afin de contrôler pour l'effet de l'autre substance (c.-à-d., contrôle pour le cannabis dans le modèle examinant les associations avec l'alcool et vice-versa) sur les résultats observés pour l'échantillon complet. Ces modèles permettaient d'examiner si les résultats observés étaient spécifiques ou communs à la fréquence de consommation d'alcool et de cannabis. Puisque la consommation de cannabis à 14 ans n'était pas normalement distribuée, l'estimateur *maximum likelihood estimation with robust standard errors* (MLR) (Kaplan, Kim, & Kim, 2009), qui est robuste à la non-normalité des variables, a été utilisé pour tester ces différents modèles.

Le Tableau 2 présente le pourcentage de participants ayant des données disponibles pour chaque paire de variables incluses dans les modèles. Le pourcentage le plus faible de données présentes est trouvé pour la mémoire de travail à 7 et 16 ans (63%) tandis que le pourcentage de données disponibles le plus élevé se trouve pour l'impulsivité et la consommation d'alcool et de cannabis à 15 ans (91%). Le maximum de vraisemblance à information complète (*full information maximum likelihood*, FIML) a été utilisé afin de prendre en compte ces données manquantes. Cette méthode est basée sur le postulat que les données manquantes sont distribuées de manière aléatoire (*missing at random*, MAR). Selon ce postulat, les données manquantes peuvent dépendre du niveau de d'autres variables, mais ces variables dites « auxiliaires », qui contribuent à la modélisation des données manquantes mais ne font pas partie des hypothèses de recherche, doivent être incluses dans l'analyse afin d'éviter un biais dans les résultats (Lang & Little, 2018). Ainsi, plusieurs variables sociodémographiques ont été examinées comme prédicteurs potentiels des données manquantes,

soit le revenu familial, l'âge des parents ainsi que le dernier diplôme obtenu et le niveau de scolarité de la mère. Parmi ces variables, le revenu familial permettait de prédire significativement le patron de données manquantes à 7 ans ( $\beta = 0,16, p < 0,05$ ) et à 14 ans ( $\beta = 0,18, p < 0,05$ ). Cette variable a donc été incluse en tant que variable auxiliaire pour chacun des modèles testés. L'inclusion de cette variable auxiliaire dans les analyses a permis de prendre en compte la corrélation existante entre les données manquantes et le revenu familial (Asparouhov & Muthén, 2008).

Tableau 2. *Matrice de couverture de covariance des variables principales à l'étude*

Variabes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Mémoire de travail à 7 ans	0,82								
2. Mémoire de travail à 14 ans	0,75	0,88							
3. Mémoire de travail à 16 ans	0,63	0,66	0,78						
4. Impulsivité à 7 ans	0,76	0,76	0,65	0,83					
5. Impulsivité à 15 ans	0,75	0,81	0,74	0,76	0,91				
6. Impulsivité à 16 ans	0,64	0,67	0,77	0,65	0,74	0,78			
7. Alcool et cannabis à 14 ans	0,75	0,88	0,67	0,76	0,81	0,67	0,88		
8. Alcool et cannabis à 15 ans	0,75	0,81	0,74	0,76	0,91	0,74	0,81	0,91	
9. Alcool et cannabis à 16 ans	0,64	0,67	0,78	0,65	0,74	0,78	0,68	0,74	0,79

Cinq indicateurs ont été utilisés afin d'évaluer l'ajustement des modèles. Trois indices d'ajustement du modèle : le test de l'ajustement exact ou chi carré ( $\chi^2$ ), l'erreur quadratique moyenne de l'approximation (*root mean square error of approximation*, RMSEA) et le résidu carré moyen standardisé (*standardized root mean residual*, SRMR) ainsi que deux indices d'ajustement relatifs soit l'indice d'ajustement comparatif (*comparative fit index*, CFI) et l'indice de Tucker et Lewis (*Tucker Lewis index*, TLI). Pour qu'un modèle soit considéré comme étant bien ajusté aux données, la valeur du  $\chi^2$  ne devrait pas excéder trois fois le nombre de degrés de liberté et devrait être non significatif (Kline, 2005). Le RMSEA devrait être inférieur à 0,07 (Steiger, 2007) et le SRMR ne devrait pas excéder 0,08 (Hu & Bentler, 1999). Finalement, les indices CFI et TLI devraient être supérieurs à 0,95 (Hu & Bentler, 1999).

## Résultats

### Analyses préliminaires

Les statistiques descriptives des variables à l'étude sont présentées dans le Tableau 3. Les scores extrêmes univariés ont été ramenés au seuil de +/- 3.29 écart-type de la moyenne. Quatre participants ont été identifiés comme extrêmes multivariés selon le test de la distance de Mahalanobis (Tabachnick & Fidell, 2013) et n'ont donc pas été inclus dans les analyses.

Tableau 3. *Statistiques descriptives des variables à l'étude.*

Variabes	N	Moyennes	É-T	Min	Max
Variables principales					
Mémoire de travail					
7 ans	172	14,63	0,75	11,85	16,00
14 ans	186	2,43	0,30	1,34	3,00
16 ans	165	2,56	0,25	1,75	3,00
Impulsivité					
7 ans	176	4,32	0,88	1,41	6,17
15 ans	192	11,30	2,93	5,00	20,00
16 ans	165	11,61	2,93	5,00	19,00
Consommation d'alcool					
14 ans	186	1,60	1,78	0,00	6,00
15 ans	192	2,21	1,87	0,00	6,00
16 ans	166	3,00	1,67	0,00	7,00
Consommation de cannabis					
14 ans	187	0,45	1,27	0,00	5,27
15 ans	192	0,95	1,76	0,00	7,00
16 ans	165	1,47	2,05	0,00	7,00
Variable auxiliaire					
Revenu du ménage	206	5,66	1,75	1,00	8,00

Le Tableau 4 présente les statistiques descriptives des variables à l'étude selon le sexe des participants. Des tests t ont été effectués afin de tester les différences de moyennes selon le sexe. Aucune différence ne s'est révélée significative.

Tableau 4. *Statistiques descriptives des variables à l'étude selon le sexe des participants.*

Variables	Sexe	N	Moyenne	Écart type
<b>Mémoire de travail</b>				
7 ans	Garçon	80	14,58	0,73
	Fille	92	14,66	0,77
14 ans	Garçon	90	2,40	0,32
	Fille	96	2,47	0,28
16 ans	Garçon	75	2,57	0,23
	Fille	90	2,54	0,26
<b>Impulsivité</b>				
7 ans	Garçon	80	4,28	0,88
	Fille	96	4,36	0,89
15 ans	Garçon	89	11,62	3,02
	Fille	103	11,02	2,84
16 ans	Garçon	74	11,57	2,88
	Fille	91	11,64	2,98
<b>Consommation d'alcool</b>				
14 ans	Garçon	89	1,43	1,81
	Fille	97	1,76	1,73
15 ans	Garçon	89	2,16	1,95
	Fille	103	2,26	1,80
16 ans	Garçon	75	2,88	1,76
	Fille	91	3,10	1,59
<b>Consommation de cannabis</b>				
14 ans	Garçon	90	0,59	1,47
	Fille	97	0,32	1,05
15 ans	Garçon	74	1,55	2,31
	Fille	91	1,40	1,83
16 ans	Garçon	89	0,92	1,87
	Fille	103	0,98	1,66

Le Tableau 5 présente les corrélations bivariées entre les variables à l'étude. Des corrélations de Pearson sont présentées pour la majorité des variables. Cependant, comme la consommation de cannabis à 14 ans n'était pas normalement distribuée (asymétrie = 2,85; voussure = 6,89) et que le sexe est une variable catégorielle, des corrélations de Spearman sont présentées pour toutes les associations avec ces deux variables. Selon les critères de Cohen (1988), des corrélations entre 0,10 et 0,29 sont considérées comme faibles, des corrélations entre 0,30 et 0,49 comme modérées et des corrélations entre 0,50 et 1,00 comme élevées. Une méta-analyse récente ayant recensé 87 méta-analyses portant principalement sur la personnalité a montré que ces critères pourraient être trop stricts dans le domaine de la psychologie. À la lumière de leurs résultats, les auteurs recommandent plutôt de considérer les corrélations de 0,10 comme faibles, 0,20 comme « typiques » et 0,30 comme élevées (Gignac & Szodorai, 2016). Cependant, comme l'étude présente utilise un devis longitudinal, comprenant des mesures répétées à travers le temps qui sont donc fortement corrélées, les critères de Cohen seront utilisés pour décrire les corrélations obtenues. Il est tout de même intéressant de souligner qu'il est plutôt rare d'obtenir une corrélation élevée entre deux concepts distincts dans le domaine de la personnalité. En effet, seules 2,7% des 708 corrélations observées par Gignac and Szodorai (2016) étaient supérieures à 0,50.

Tableau 5. *Matrice de corrélations des variables à l'étude.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Mémoire de travail 7 ans	1													
2. Mémoire de travail 14 ans	0,18*	1												
3. Mémoire de travail 16 ans	0,09	0,37**	1											
4. Impulsivité 7 ans	0,05	0,11	0,06	1										
5. Impulsivité 15 ans	-0,02	0,07	0,04	0,21**	1									
6. Impulsivité 16 ans	-0,15 <sup>t</sup>	0,07	-0,16*	0,14	0,61**	1								
7. Consommation alcool 14 ans	-0,10	-0,02	0,02	0,18*	0,19*	0,15 <sup>t</sup>	1							
8. Consommation alcool 15 ans	-0,09	0,05	-0,02	0,22**	0,27**	0,20*	0,66**	1						
9. Consommation alcool 16 ans	-0,02	-0,02	0,04	0,18*	0,18*	0,11	0,48**	0,63**	1					
10. Consommation cannabis 14 ans	-0,16 <sup>t</sup>	-0,05	-0,07	0,17*	0,23**	0,17*	0,30**	0,33**	0,22**	1				
11. Consommation cannabis 15 ans	-0,12	-0,01	0,00	0,20**	0,17*	0,18*	0,29**	0,46**	0,36**	0,64**	1			
12. Consommation cannabis 16 ans	-0,27**	-0,07	-0,12	0,11	0,12	0,23**	0,35**	0,52**	0,42**	0,49**	0,69**	1		
13. Revenu familial à 5 mois	0,22**	0,17*	0,08	-0,04	-0,01	-0,06	-0,04	-0,06	-0,07	-0,08	-0,11	-0,11	1	
14. Sexe	0,06	0,09	-0,04	0,04	-0,10	0,03	0,11	0,03	0,04	-0,10	0,06	0,02	-0,04	1

Note. <sup>t</sup> $p < 0,10$  \*  $p < 0,05$ . \*\*  $p < 0,01$ .

Comme recensé dans le Tableau 5, la mémoire de travail à 7 ans était faiblement et positivement associée à la mémoire de travail à 14 ans seulement. En revanche, la mémoire de travail à 14 ans était modérément corrélée à la mémoire de travail à 16 ans. L'impulsivité à 7 et 15 ans n'était pas associée à la mémoire de travail à aucun des temps de collecte. Cependant, l'impulsivité à 16 ans était faiblement et négativement liée à la mémoire de travail à 7 et 16 ans. En ce qui concerne les variables de consommation de substances, la consommation d'alcool était associée positivement à l'impulsivité à chaque temps de mesure, mais n'était pas liée à la mémoire de travail. La consommation de cannabis était négativement associée à la capacité de mémoire de travail à 7 ans et positivement associée à l'impulsivité à chaque temps de mesure. À l'adolescence, les associations positives entre la fréquence de consommation d'alcool et de cannabis étaient généralement de tailles modérées à fortes. Aucune association bivariée avec le sexe n'était significative. Finalement, le revenu familial était significativement associé à la capacité de mémoire de travail à 7 et 14 ans.

### **Modèle longitudinal à décalage croisé pour prédire la fréquence de consommation d'alcool**

Un modèle longitudinal à décalage croisé a d'abord été testé afin d'examiner les associations entre la mémoire de travail et l'impulsivité à 7 ans ainsi qu'entre 14 et 16 ans pour prédire la consommation d'alcool durant cette période de l'adolescence. Les indices utilisés montrent que ce modèle s'ajustait très bien aux données  $\chi^2(14) = 11,44$ , CFI = 1,00, TLI = 1,02, RMSEA = 0, SRMR = 0,03. Comme présenté à la Figure 5, toutes les variables incluses dans le modèle demeuraient stables à travers le temps. En effet, bien que les variables à 7 ans montraient des associations faibles avec les mêmes construits à 14 ans, les associations entre les mêmes construits étaient de modérées à fortes à 14, 15 et 16 ans. Des corrélations ont

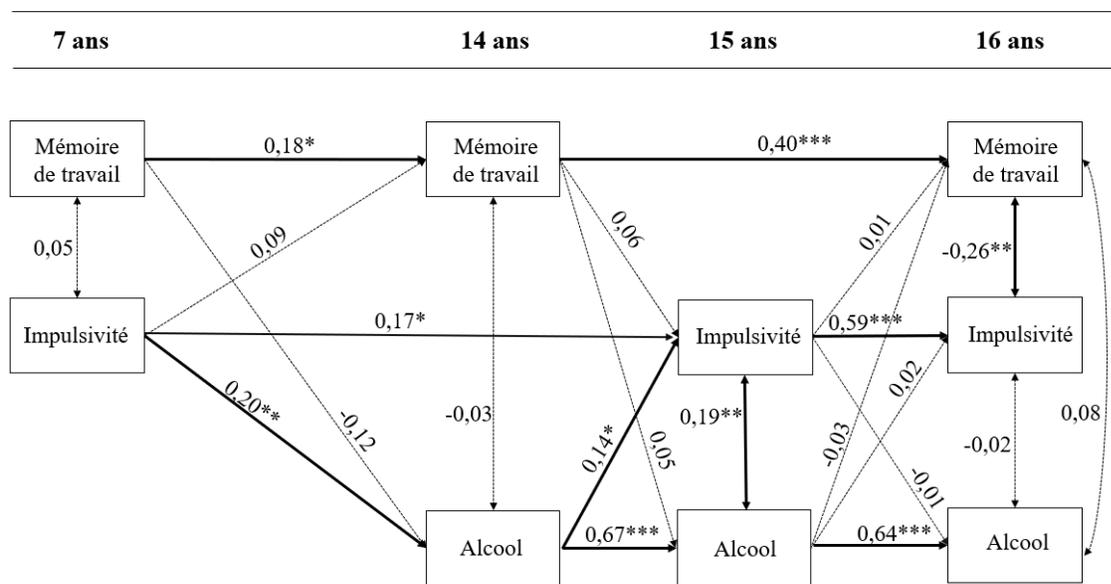
aussi été effectuées entre les différents construits au même temps de mesure. Les corrélations significatives montraient que l'impulsivité et la consommation d'alcool étaient positivement corrélées à 15 ans ( $r = 0,19, p < 0,01$ ) tandis que la mémoire de travail et l'impulsivité étaient négativement corrélées à 16 ans ( $r = -0,26, p < 0,01$ ).

Pour ce qui est des associations entre les différents construits à travers le temps, bien que cette association ne soit pas significative à un seuil de  $p < 0,05$ , la capacité de mémoire de travail à 7 ans (hypothèse 1a) prédisait négativement et faiblement la consommation d'alcool à 14 ans ( $\beta = -0,12, p = 0,12$ ). Les résultats du modèle montrent aussi que l'impulsivité mesurée à 7 ans (hypothèse 1b) permettait de prédire significativement la fréquence de consommation d'alcool à 14 ans ( $\beta = 0,20, p < 0,01$ ). Les associations entre la mémoire de travail à 14 ans et l'impulsivité à 15 ans ainsi que l'impulsivité à 15 ans pour prédire la consommation de substances à 16 ans (hypothèse 2 ; voir figure 2) n'étant pas significatives, les effets indirects n'ont donc pu être testés. Cependant, la fréquence de consommation d'alcool à 14 ans (hypothèse 3) prédisait le niveau d'impulsivité à 15 ans ( $\beta = 0,14, p < 0,05$ ).

Afin de distinguer la variance unique attribuable à chacune des substances, un second modèle a ensuite été testé afin de contrôler pour la fréquence de consommation de cannabis dans la prédiction de la consommation d'alcool. Une régression de la consommation de cannabis à 14 ans pour prédire la consommation d'alcool au même temps a donc été ajoutée dans le modèle. Les résultats montrent que, même lorsque la variance liée à la consommation de cannabis à 14 ans a été prise en compte, l'impulsivité à 7 ans prédisait toujours significativement la fréquence de consommation d'alcool à 14 ans ( $\beta = 0,16, p < 0,05$ ). Ensuite, afin de contrôler pour la fréquence de consommation de cannabis dans la prédiction de l'impulsivité par la consommation d'alcool, une régression de la consommation de

cannabis à 15 ans pour prédire l'impulsivité au même temps de mesure a aussi été ajoutée. Après avoir contrôlé pour l'effet de la consommation de cannabis à 15 ans, l'association entre la consommation d'alcool à 14 ans et l'impulsivité à 15 ans conservait une taille d'effet presque identique mais devenait marginalement significative ( $\beta$  0,13,  $p = 0,08$ ). Pour ce qui est de l'association de la mémoire de travail à 7 ans pour prédire la consommation d'alcool à 14 ans, le beta s'atténuait lorsque la variance attribuable à la consommation de cannabis à 14 ans était contrôlée dans l'analyse ( $\beta$  -0,07,  $p = 0,38$ ).

Figure 5. Résultats standardisés du modèle prédictif de la consommation d'alcool.



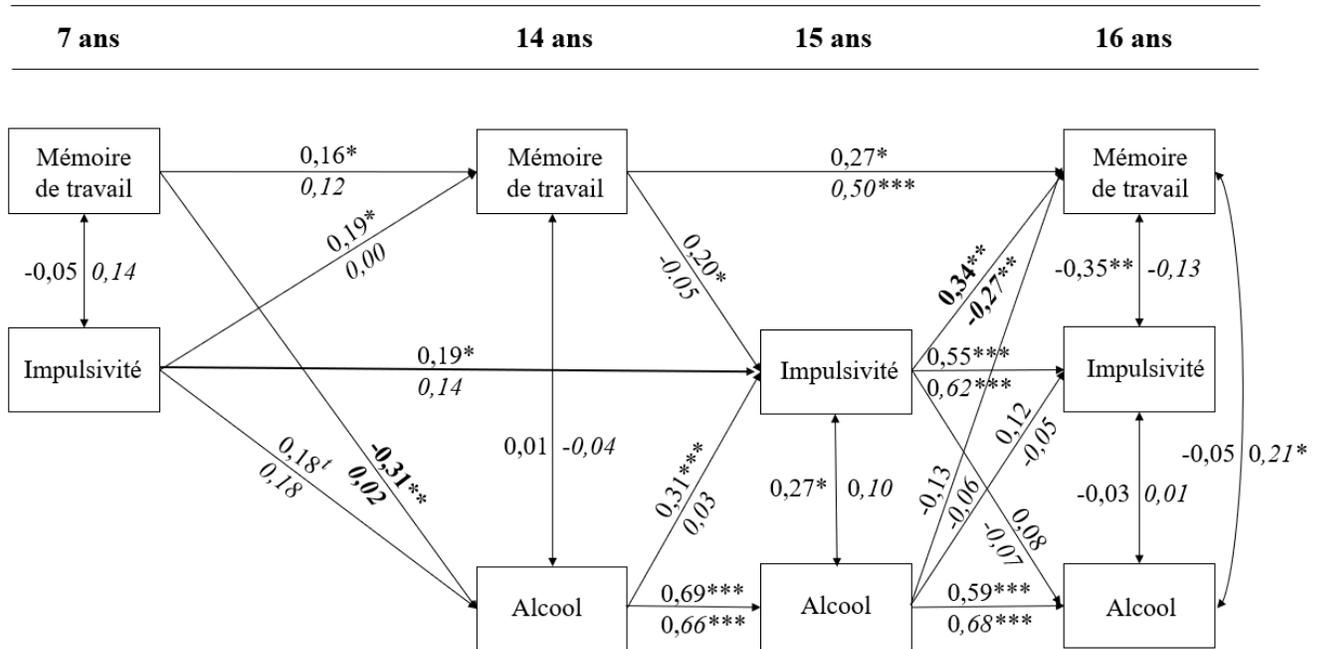
**Analyse multigroupe testant l'effet modérateur du sexe dans la prédiction de la**

*Note.* \* $p < 0,05$ . \*\* $p < 0,01$ . \*\*\* $p < 0,001$

**fréquence de consommation d'alcool** Une analyse multigroupe a aussi été effectuée afin de tester un possible effet modérateur du sexe dans les relations observées (hypothèse 4). La

Figure 6 présente toutes les associations testées pour les garçons et pour les filles. Comme l'analyse a été faite avec l'estimateur MLR, les associations ne pouvaient pas être comparées avec le test de différence de chi-carré traditionnel. Le test de différence de chi-carré de Satorra-Bentler (Satorra, 2000) a été utilisé afin de corriger pour l'utilisation de MLR. Toutes les associations ont donc été contraintes à être égales pour les deux sexes, une à la fois, et le test de différence de chi carré utilisant la correction de Santorra-Bentler a permis de comparer chaque modèle avec une association contrainte à être égale au modèle initial, sans contrainte. Si le test de différence de chi-carré montre une diminution significative dans l'ajustement du modèle lorsque l'association est contrainte à être égale chez les deux sexes, le tout suggère que l'association diffère significativement entre les garçons et les filles. Ces tests ont révélé deux différences significatives dans les associations (en gras dans la Figure 6). Ainsi, le sexe agissait comme modérateur dans l'association entre la mémoire de travail à 7 ans et la consommation d'alcool à 14 ans ( $t(1) = 5,2, p < 0,05$ ) qui était de taille moyenne et négative chez les garçons, mais non significative et presque nulle chez les filles. La relation entre l'impulsivité à 15 ans et la mémoire de travail à 16 ans était aussi modérée par le sexe ( $t(1) = 43,73, p < 0,05$ ). Cette association était de taille moyenne et positive chez les garçons, mais faible et négative chez les filles.

Figure 6. Résultats standardisés du modèle prédictif de la consommation d'alcool selon le sexe du participant.



Note. Les betas inscrits en italique sont ceux des filles, les autres sont pour le groupe des garçons. Les associations en gras sont significativement différentes au seuil de  $p < 0,05$ . <sup>t</sup> $p < 0,10$ . \* $p < 0,05$ . \*\* $p < 0,01$ . \*\*\* $p < 0,001$

Afin de vérifier si les associations entre l'impulsivité à 15 ans et la mémoire de travail à 16 ans qui était positive chez les garçons et négative les filles pouvaient être dues à une faille méthodologique plutôt qu'à une différence réelle, les nuages de points de cette association ont été inspectés pour les deux sexes pour examiner si cette différence pouvait s'expliquer par un effet quadratique (voir annexe A). Bien qu'il fut possible de voir un effet quadratique faible pour les garçons, la ligne quadratique ne semblait pas montrer un niveau optimal différent du modèle linéaire pour l'impulsivité chez ces derniers. Étant donné que les moyennes des garçons et des filles n'étaient pas significativement différentes sur ces variables et que les participants identifiés comme ayant des scores extrêmes multivariés ont été retirés des analyses, cela suggère que ce résultat est robuste et n'est pas dû à une faille méthodologique.

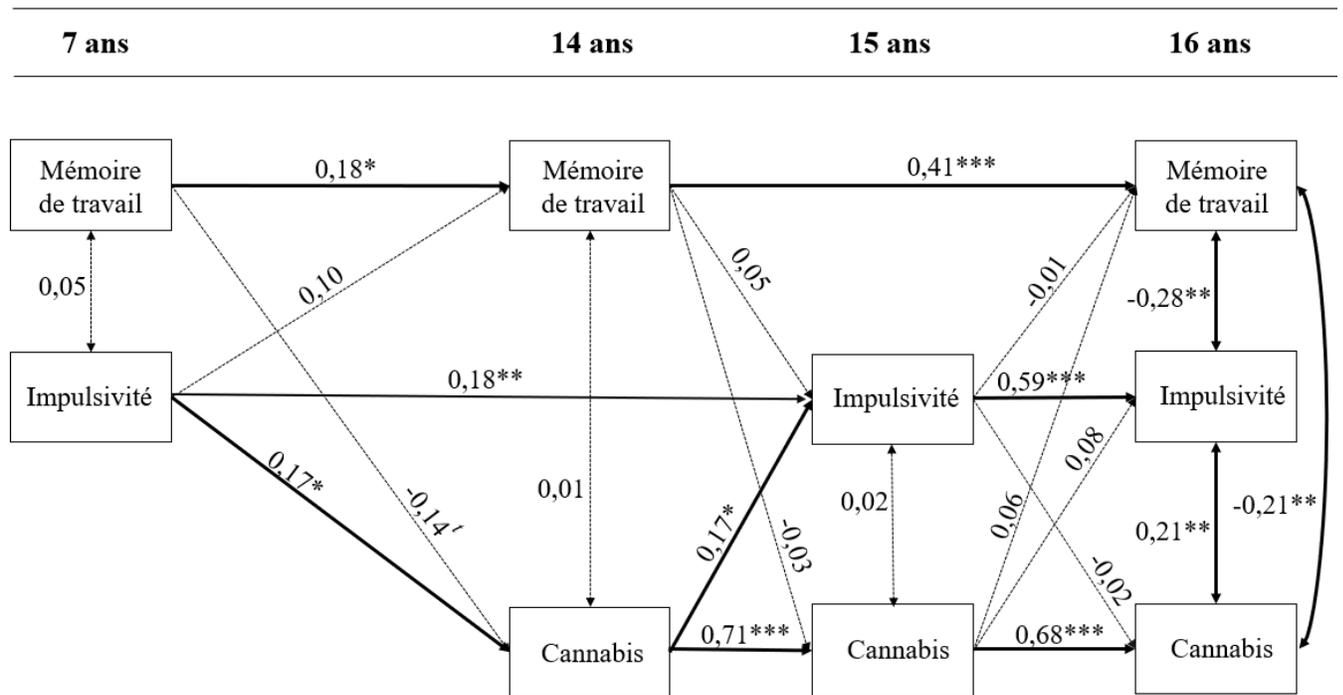
## **Modèle longitudinal à décalage croisé pour prédire la fréquence de consommation de cannabis**

Après avoir testé les différents modèles permettant de prédire la fréquence de consommation d'alcool, un nouveau modèle incluant la mémoire de travail et l'impulsivité à 7 ans ainsi qu'entre 14 et 16 ans pour prédire la consommation de cannabis à l'adolescence a été effectué. Ce modèle démontrait un excellent ajustement  $\chi^2(14) = 12,74$ , CFI = 1, TLI = 1,01, RMSEA = 0, SRMR = 0,03. En plus des liens de stabilité décrits plus haut, la Figure 7 montre que la consommation de cannabis était très stable d'une année à l'autre à l'adolescence. Pour ce qui est des associations entre les différents construits au même temps de collecte, seules les variables à 16 ans étaient significativement corrélées entre elles. Ainsi, la mémoire de travail était négativement corrélée à l'impulsivité ( $r = -0,28, p < 0,01$ ) et à la consommation de cannabis ( $r = -0,21, p < 0,01$ ) tandis que l'impulsivité et la consommation de cannabis étaient positivement corrélées ( $r = 0,21, p < 0,01$ ).

Concernant les relations prédictives entre les différents construits, le modèle montrait des résultats identiques à ceux obtenus avec la fréquence de consommation d'alcool. En effet, bien que cette relation était marginalement significative ( $p > 0,05$ ), la mémoire de travail à 7 ans (hypothèse 1a) prédisait négativement la consommation de cannabis à 14 ans ( $\beta = -0,14, p = 0,09$ ). L'impulsivité à 7 ans (hypothèse 1b) permettait aussi de prédire positivement la consommation de cannabis à 14 ans ( $\beta = 0,17, p < 0,05$ ). Puisque les effets directs de la mémoire de travail à 14 ans pour prédire l'impulsivité à 15 ans ainsi que l'impulsivité à 15 ans pour prédire la consommation de cannabis à 16 ans (hypothèse 2) n'étaient pas significatifs, les effets indirects n'ont pu être testés dans ce modèle. Autrement dit, l'hypothèse de médiation n'est pas soutenue. Finalement, la consommation de cannabis à 14 ans (hypothèse

3) prédisait l'impulsivité l'année suivante ( $\beta = 0,17, p < 0,05$ ). En revanche, lorsque la consommation d'alcool était contrôlée dans le modèle, ces associations étaient de plus faible taille et n'étaient plus significatives entre 7 et 14 ans ( $\beta = 0,10, p = 0,23$ ) ni entre 14 et 15 ans ( $\beta = 0,09, p = 0,23$ ). Lorsque la variance de la consommation d'alcool a été retirée du modèle, cette association est demeurée de faible taille mais n'était pas significative ( $\beta = -0,10, p = 0,24$ ).

Figure 7. Résultats standardisés du modèle prédictif de la consommation de cannabis.



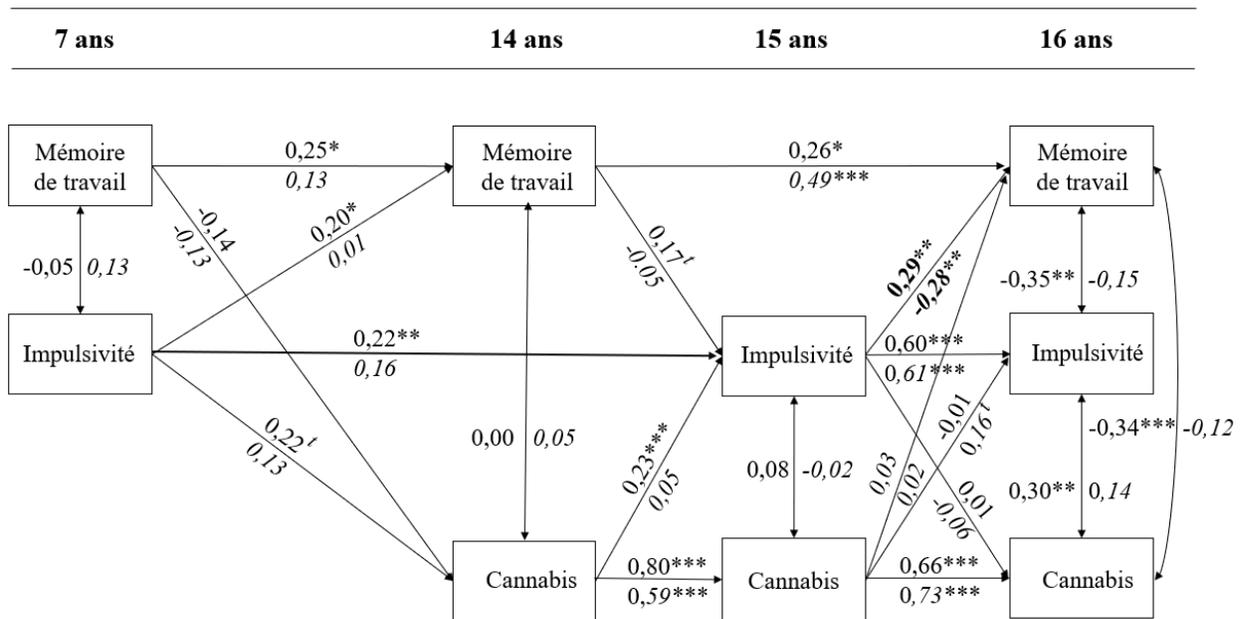
Note. †  $p < 0,10$ . \*  $p < 0,05$ . \*\*  $p < 0,01$ . \*\*\*  $p < 0,001$

### Analyse multigroupe testant l'effet modérateur du sexe dans la prédiction de la consommation de cannabis

Après avoir testé le modèle prédictif de la consommation de cannabis incluant l'échantillon en entier, une analyse multigroupe a été effectuée afin de vérifier si les résultats

obtenus différaient selon le sexe. La Figure 8 montre les associations entre la mémoire de travail, l'impulsivité et la fréquence de consommation de cannabis pour les garçons et les filles. Les tests de différence de chi carré avec la correction de Satorra-Bentler ont montré que le sexe modérait seulement l'association entre l'impulsivité mesurée à 15 ans et la mémoire de travail à 16 ans ( $t(1) = 26,28, p < 0,05$ ). Cette association, bien qu'elle soit faible pour les deux sexes, était positive chez les garçons mais négative chez les filles.

Figure 8. Résultats standardisés du modèle prédictif de la consommation de cannabis selon le sexe du participant.



Note. Les betas inscrits en italique sont ceux des filles, les autres sont pour le groupe des garçons. Les associations en gras sont significativement différentes au seuil de  $p < 0,05$ . <sup>†</sup>  $p < 0,10$ . \* $p < 0,05$ . \*\* $p < 0,01$ . \*\*\* $p < 0,001$

## Discussion

La présente étude avait pour objectif de mieux comprendre les rôles de la mémoire de travail et de l'impulsivité dès l'enfance dans le développement de la consommation d'alcool et de cannabis à l'adolescence. L'étude avait aussi pour but de vérifier s'il y avait des

associations bidirectionnelles entre la mémoire de travail, l'impulsivité et la consommation de chacune de ces substances à travers l'adolescence ainsi que d'examiner si ces associations différaient selon le sexe.

Les résultats obtenus confirment partiellement l'hypothèse 1a, selon laquelle la capacité de mémoire de travail à 7 ans serait négativement associée à une augmentation de la consommation de substances entre 14 et 16 ans. En effet, bien que cette relation n'ait pas atteint le seuil de signification, la capacité de mémoire de travail à 7 ans prédisait faiblement et négativement la consommation d'alcool et de cannabis 7 ans plus tard. En examinant cette association pour les garçons et pour les filles séparément, il a été possible de constater que cette relation était modérée par le sexe pour la consommation d'alcool seulement. En effet, une plus faible capacité de mémoire de travail à 7 ans permettait de prédire une fréquence de consommation d'alcool plus élevée à 14 ans chez les garçons seulement. Lorsqu'examinée pour la consommation de cannabis, la faible relation négative entre la capacité de mémoire de travail à 7 ans et la consommation à 14 ans était marginalement significative ( $p = 0,09$ ). De plus, cette association était négative et de taille d'effet similaire lorsqu'examinée pour les deux sexes. Ce résultat suggère que la non signification de l'association pourrait être due à un manque de puissance. L'utilisation d'un plus grand échantillon aurait donc possiblement permis de trouver un effet significatif de la mémoire de travail dès l'enfance pour prédire la fréquence de consommation de cannabis à l'adolescence. Des études prospectives ont déjà montré que la capacité de mémoire de travail dès l'âge de 11 ans permettait de prédire la consommation de substances à l'adolescence (Castellanos-Ryan et al., 2017; Khurana et al., 2017; Peeters et al., 2015). En revanche, aucune étude n'avait encore examiné le lien entre la mémoire de travail mesurée dès l'enfance (avant l'âge de 10 ans) et la consommation de

substances à l'adolescence. La capacité de mémoire de travail étant un des processus clé quant à la prise de décision et l'évaluation de risque dans le contexte de consommation de substances (Bechara et al., 2019), la présente étude ajoute ainsi aux connaissances actuelles en suggérant que cette composante de la fonction exécutive pourrait permettre de prédire, dès l'âge de 7 ans, une plus grande fréquence de consommation de substances 7 ans plus tard. Cette approche suggère qu'un jeune ayant une plus faible capacité de mémoire de travail, bien que connaissant les possibles conséquences négatives de la consommation de substances, utiliserait les informations issues de son environnement immédiat ainsi que celles en mémoire épisodique de manière moins efficace afin de prendre une décision éclairée face à la consommation.

Les résultats ont aussi montré que l'impulsivité à 7 ans était positivement associée à la fréquence de la consommation de substances à 14 ans (en accord avec l'hypothèse 1b). Lorsqu'examinée pour prédire la consommation d'alcool en contrôlant pour la consommation de cannabis, cette association conservait une taille d'effet similaire et demeurait significative. En revanche, lorsqu'elle était examinée pour la consommation de cannabis en contrôlant pour la consommation d'alcool, la taille d'effet de cette relation diminuait et n'était plus significative. Ainsi, les analyses subséquentes permettant de départager la part de variance attribuable à la consommation d'alcool et de cannabis ont permis de montrer que la relation entre l'impulsivité dès l'enfance et la consommation à l'adolescence était spécifique à l'alcool. Ce résultat apporte donc un soutien empirique supplémentaire au modèle de vulnérabilité (Krueger & Tackett, 2003; Tackett, 2006), selon lequel un trait de personnalité pourrait prédisposer un individu à développer un trouble de consommation de substances. Conformément à ce qui avait été trouvé par Castellanos-Ryan, Séguin, et al. (2013), il serait

donc possible que d'intervenir afin de réduire l'impulsivité dès l'enfance permette d'atténuer la fréquence de consommation d'alcool 7 ans plus tard. Certaines études n'avaient pas trouvé de relation entre l'impulsivité dès l'enfance et la consommation d'alcool à l'adolescence (Pedersen et al., 2012; Rioux, Castellanos-Ryan, Parent, Vitaro, et al., 2016). Cependant, ces études ont mesuré la consommation d'alcool à partir de l'âge de 15 ans seulement, lorsque la consommation est davantage normative chez les adolescents (Institut de la statistique du Québec, 2014). En effet, il a été montré qu'une intervention visant à réduire l'impulsivité permettait de réduire la fréquence de consommation d'alcool à 14 ans mais pas l'augmentation de la consommation entre 14 et 17 ans (Castellanos-Ryan, Séguin, et al., 2013). Pris ensemble, ces résultats suggèrent que l'impulsivité dès l'enfance pourrait prédisposer à débiter la consommation de l'alcool à un plus jeune âge. Ainsi, les résultats de la présente étude ont montré que l'impulsivité à 15 ans ne permettait pas de prédire le changement dans la consommation de substances entre 15 et 16 ans. Étant donné que de débiter une consommation plus tôt est associé à des conséquences négatives à long terme (Guttmanova et al., 2012; Tanaree, Assanangkornchai, & Kittirattanapaiboon, 2017), il est d'autant plus important de considérer ce trait de personnalité pour intervenir avant même les premières expérimentations avec la consommation d'alcool.

Ce qui avait été postulé à l'hypothèse 2 n'a pas été appuyé par les résultats. Ainsi, l'effet de la mémoire de travail pour prédire la consommation de substances n'était pas expliqué par l'impulsivité de manière prospective. Contrairement à l'hypothèse proposée, les résultats suggèrent que la variance unique de la mémoire de travail et de l'impulsivité, plutôt que leur variance commune, permet de prédire la consommation. Ainsi, bien que celles-ci soient associées, le lien entre la mémoire de travail pour prédire la consommation de

substances ne passe pas par l'impulsivité au niveau du développement. Cette étude est la première à tester l'effet indirect de l'impulsivité dans la relation entre la mémoire de travail, toutes deux mesurées à l'enfance, et la consommation de substances à l'adolescence. Les études qui avaient examiné l'effet indirect avaient mesuré la mémoire de travail et l'impulsivité au même temps (Gunn & Finn, 2013; Khurana et al., 2013; Khurana et al., 2015), ce qui ne permettait pas de déterminer si la mémoire de travail prédisposait à une personnalité plus impulsive ou l'inverse. Nos résultats demeurent cohérents avec les études antérieures qui ont montré une association entre ces variables de manière transversale (Gunn & Finn, 2013; Khurana et al., 2013; Khurana et al., 2015). En effet, la mémoire de travail, l'impulsivité et la consommation de cannabis étaient significativement corrélées de manière transversale à 16 ans. L'étude présente était la première à examiner l'effet indirect de l'impulsivité dans la relation entre la mémoire de travail et la consommation de substances de manière prospective. Les résultats suggèrent que l'impulsivité, comme mesurée ici, ne permet pas d'expliquer la relation entre la mémoire de travail et la consommation de substances. Il serait donc possible que les effets identifiés dans la littérature soient attribuables aux limites méthodologiques découlant du devis transversal utilisé. Des études futures utilisant un devis longitudinal seront nécessaires afin de répliquer ces résultats dans d'autres échantillons.

Comme postulé à l'hypothèse 3, la consommation d'alcool et de cannabis à 14 ans permettaient de prédire le niveau d'impulsivité à 15 ans. Lorsque la variance attribuable à l'autre substance était prise en compte, les associations n'étaient plus significatives et les tailles d'effet étaient réduites pour l'alcool et le cannabis. Les analyses effectuées suggèrent que cette association est attribuable à la variance commune aux deux substances et donc, qu'elle n'est pas spécifique à la consommation d'alcool ou de cannabis. La relation entre la

consommation de substances et l'augmentation du niveau d'impulsivité un an plus tard apporte un soutien au modèle cicatriciel (Krueger & Tackett, 2003; Tackett, 2006) selon lequel une psychopathologie, ici représentée par une fréquence élevée de consommation de substances, pourrait modifier la personnalité de l'adolescent par rapport à un niveau initial. La seule autre étude ayant examiné la consommation de cannabis pour prédire l'impulsivité de manière prospective avait montré que la consommation de cette substance était associée à une augmentation de l'impulsivité le jour même ainsi que le jour suivant la consommation (Ansell et al., 2015). Il avait aussi été montré que la consommation d'alcool, de cannabis et de tabac permettait de prédire le niveau d'impulsivité l'année suivante (Martinez-Loredo et al., 2018). Les résultats de la présente étude appuient ceux des études précédentes qui suggèrent également que la consommation d'alcool et de cannabis à 14 ans sont toutes deux associées à une augmentation de l'impulsivité à l'adolescence. Ces résultats ainsi que ceux présentés plus tôt, appuient ainsi une conception transactionnelle du développement comme suggérée par Sameroff (2009). En effet, l'enfant présentant un tempérament plus impulsif serait plus enclin à vivre certaines expériences avec la consommation de substances à l'adolescence qui, à leur tour, renforceraient l'impulsivité préexistante chez l'individu. Par un processus de renforcement mutuel, il serait donc plausible que les interactions entre le profil de personnalité et les expériences de consommation de substances de l'adolescent mènent à la cristallisation du profil de personnalité impulsive chez le jeune qui consomme. En revanche, les résultats ont montré que la consommation de substances à 15 ans n'est pas liée à l'augmentation du niveau d'impulsivité l'année suivante. Il est donc possible que les effets neurotoxiques de la consommation de substances soient limités à certaines périodes développementales. Des études futures seront nécessaires afin d'examiner l'effet de la consommation de substances sur

le changement de l'impulsivité sur une plus longue période de temps à l'adolescence. Ces résultats montrent également que, contrairement à une hypothèse d'automédication (Marschall-Lévesque et al., 2017) qui suggère que la consommation aurait pour but de diminuer l'impulsivité, la consommation de substances contribuerait plutôt à augmenter l'impulsivité à travers le temps.

Les résultats obtenus ne permettent pas d'appuyer l'hypothèse 4 ; aucune différence significative liée au sexe n'a été trouvée quant aux effets neurotoxiques différentiels présumés de la consommation de substances chez les garçons et les filles. En revanche, les études en neuroimagerie qui avaient suggéré cette différence utilisaient soit un échantillon présentant une consommation excessive d'alcool (Squeglia et al., 2011) ou ayant un trouble de consommation d'alcool (Caldwell et al., 2005; Medina et al., 2008). Il est donc possible que l'effet neurotoxique soit observable uniquement lorsque de fortes quantités d'alcool sont consommées (Squeglia et al., 2015). Des études futures pourraient donc examiner la fréquence de consommation excessive d'alcool (au moins 5 consommations dans une même occasion). Bien que la quantité d'alcool consommée par occasion n'ait pas été prise en compte dans les analyses, notre échantillon comprenait aussi un faible pourcentage de jeunes présentant une fréquence élevée de consommation d'alcool. En effet, à 16 ans, seuls 16% des jeunes rapportaient consommer de l'alcool au moins une fois par semaine. L'utilisation d'un échantillon présentant une plus grande variance quant à la consommation d'alcool pourrait permettre un examen plus approfondi des effets d'une consommation problématique sur le fonctionnement du cerveau.

Bien que l'hypothèse 4 n'ait pas pu être confirmée, les résultats de la présente étude suggèrent tout de même certaines différences sexuelles dans les associations. En effet, le

niveau d'impulsivité à 15 ans permettait de prédire une meilleure capacité de mémoire de travail à 16 ans chez les garçons, mais une capacité inférieure chez les filles. L'association trouvée pour les filles soutient le modèle des deux systèmes (Steinberg, 2010). Ainsi, comme la capacité de mémoire de travail et le contrôle inhibiteur sont tous deux attribuables au cortex préfrontal, il est cohérent que les régions qui sous-tendent ces habiletés se développent à des rythmes similaires. En revanche, l'association positive obtenue pour les garçons n'apporte pas de soutien pour ce même modèle, ce qui suggère que le mécanisme permettant d'expliquer la relation entre la mémoire de travail et l'impulsivité n'est pas le même chez les garçons que chez les filles. Il serait aussi possible qu'à scores d'impulsivité égaux, les éléments qui contribuent à l'impulsivité chez les garçons soient différents de ceux des filles. Ainsi, comme l'impulsivité est souvent reconnue comme un construit multidimensionnel, il serait possible que les scores des garçons et des filles soient plus ou moins élevés sur des dimensions d'impulsivité différentes. L'instrument utilisé dans la présente étude est une mesure plus générale d'impulsivité ne comprenant que cinq items (Castonguay-Jolin et al., 2013). En revanche, plusieurs questionnaires autorapportés couramment utilisés comprennent différentes dimensions liées à l'impulsivité (Dickman, 1990; Eysenck, Pearson, Easting, & Allsopp, 1985; Patton, Stanford, & Barratt, 1995; Whiteside, Lynam, Miller, & Reynolds, 2005). Bien que ceux-ci ne considèrent pas tous les mêmes sous-dimensions, il pourrait être possible d'examiner si certaines dimensions telles que l'urgence négative (actions irréfléchies face à des émotions négatives), l'urgence positive (actions irréfléchies face à des émotions positives), le manque de persévérance (difficulté à maintenir l'attention) ou le manque de préméditation (faible capacité à prévoir à l'avance) pourraient être associées de manière différentielle au changement dans la mémoire de travail chez les garçons et les filles à l'adolescence (Stamates

& Lau-Barraco, 2017). Des études futures utilisant un instrument différent comprenant différentes sous-échelles seront nécessaires afin de départager l'apport des différentes dimensions liées à l'impulsivité selon le sexe de l'adolescent.

Dans leur ensemble, les résultats suggèrent également qu'utiliser une approche cognitive complémentaire à la personnalité pourrait peut-être permettre de prévenir la consommation de substances plus tard et que de considérer certaines caractéristiques de l'enfant, comme son sexe, pourrait permettre de cibler davantage les interventions selon le type de substance à prévenir. Bien que l'efficacité des interventions cognitives pour modifier le comportement nécessitent d'obtenir davantage de soutien empirique (Cortese et al., 2015), les résultats de la présente étude suggèrent de tester l'ajout d'une composante cognitive aux interventions existantes ciblant la personnalité afin de voir si cela permet d'en améliorer l'efficacité (Castellanos-Ryan, Séguin, et al., 2013; Conrod et al., 2011; Conrod et al., 2010; O'Leary-Barrett et al., 2010). Cette étude présente certaines forces qu'il est important de mentionner. En effet, cette étude était la première à examiner la mémoire de travail et l'impulsivité à deux temps de mesure distincts dans la prédiction de la consommation de substances. L'utilisation d'un devis longitudinal a donc permis de montrer que la capacité de mémoire de travail ne prédispose pas nécessairement à une personnalité plus impulsive.

Cette étude comporte aussi certaines limites. La première limite relève de la la petite taille de l'échantillon utilisé limitant ainsi la puissance statistique des analyses, soit la capacité à détecter un effet, même faible, si celui-ci est vraiment présent. Cette étude devra donc être répliquée en utilisant un plus grand échantillon. Une seconde limite a trait à la disponibilité des variables aux différents temps de mesure. En effet, il aurait été optimal d'avoir mesuré l'impulsivité à 14 ans et la mémoire de travail à 15 ans afin d'examiner si les associations

bidirectionnelles entre les différentes variables changent à chaque année, mais ces mesures n'étaient pas disponibles dans l'étude longitudinale à grande échelle dans lequel ce projet s'est imbriqué.

Certaines limites se rapportent aussi à la validité externe de l'étude. En effet, l'utilisation d'un échantillon provenant de régions urbaines, en majorité caucasienne et francophone, limite la généralisation des résultats à cette population qui pourrait posséder certaines caractéristiques distinctes. De plus, les résultats obtenus ne peuvent être généralisés aux quatre participants qui ont été identifiés comme ayant des scores extrêmes multivariés et ont été retirés des analyses.

Une autre limite pourrait être attribuable au fait que les modèles testés ne comprenaient pas de variable de contrôle (autre que l'autre substance). Il pourrait être possible que d'autres variables, telles que la consommation de substances maternelle durant la gestation (Tervo-Clemmens et al., 2018), les pratiques parentales (Rioux, Castellanos-Ryan, Parent, Vitaro, et al., 2016) ou l'influence des pairs (Marschall-Lévesque, Castellanos-Ryan, Vitaro, & Séguin, 2014; McDonough, Jose, & Stuart, 2016) aient aussi un effet sur les résultats obtenus. Comme l'impulsivité et la consommation de substances ont été autorapportées par l'adolescent, cette méthode peut augmenter la corrélation entre ces variables puisqu'elles partagent une part de variance commune. En revanche, l'impulsivité rapportée par la mère à 7 ans était tout de même associée à la consommation autorapportée par l'adolescent à 14 ans ce qui appuie la validité externe de cette mesure.

### **Conclusion**

Les résultats de la présente étude montrent que la capacité de mémoire de travail ne prédispose pas nécessairement à une personnalité plus impulsive. Ils soutiennent tout de même l'utilisation de mesures de personnalité dès l'enfance comme outil de dépistage précoce de

facteurs de risque de consommation de substances à l'adolescence et que ce profil de personnalité peut être possiblement influencé par la consommation de substances plus tard à l'adolescence. L'inclusion d'une composante cognitive ciblant la mémoire de travail pourrait aussi permettre d'améliorer l'efficacité d'interventions. Tenir compte de certaines caractéristiques de l'enfant telles que son sexe pourrait également permettre de cibler plus adéquatement les interventions pour les garçons et les filles afin de prévenir la consommation.

## Bibliographie

- Ansell, E. B., Laws, H. B., Roche, M. J., & Sinha, R. (2015). Effects of marijuana use on impulsivity and hostility in daily life. *Drug and alcohol dependence, 148*, 136-142. doi:10.1016/j.drugalcdep.2014.12.029
- Asato, M., Terwilliger, R., Woo, J., & Luna, B. (2010). White matter development in adolescence: a DTI study. *Cerebral cortex, 20*(9), 2122-2131.
- Asparouhov, T., & Muthén, B. (2008). Auxiliary variables predicting missing data. Retrieved January, 19, 2010.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology, 8*(4), 485.
- Barbey, A. K., Koenigs, M., & Grafman, J. (2013). Dorsolateral prefrontal contributions to human working memory. *Cortex, 49*(5), 1195-1205.
- Bava, S., Thayer, R., Jacobus, J., Ward, M., Jernigan, T. L., & Tapert, S. F. (2010). Longitudinal characterization of white matter maturation during adolescence. *Brain research, 1327*, 38-46.
- Bechara, A., Berridge, K. C., Bickel, W. K., Morón, J. A., Williams, S. B., & Stein, J. S. (2019). A neurobehavioral approach to addiction: Implications for the opioid epidemic and the psychology of addiction. *Psychological Science in the Public Interest, 20*(2), 96-127.
- Berezkei, T. (2015). The manipulative skill: Cognitive devices and their neural correlates underlying Machiavellian's decision making. *Brain and cognition, 99*, 24-31.

- Bobova, L., Finn, P. R., Rickert, M. E., & Lucas, J. (2009). Disinhibitory psychopathology and delay discounting in alcohol dependence: personality and cognitive correlates. *Experimental and clinical psychopharmacology*, *17*(1), 51.
- Broyd, S. J., van Hell, H. H., Beale, C., Yuecel, M., & Solowij, N. (2016). Acute and chronic effects of cannabinoids on human cognition—a systematic review. *Biological Psychiatry*, *79*(7), 557-567.
- Caldwell, L. C., Schweinsburg, A. D., Nagel, B. J., Barlett, V. C., Brown, S. A., & Tapert, S. F. (2005). Gender and adolescent alcohol use disorders on BOLD (blood oxygen level dependent) response to spatial working memory. *Alcohol and Alcoholism*, *40*(3), 194-200. doi:10.1093/alcalc/agh134
- Camchong, J., Lim, K. O., & Kumra, S. (2016). Adverse effects of cannabis on adolescent brain development: a longitudinal study. *Cerebral cortex*, *27*(3), 1922-1930.
- Carlson, S. M., Zelazo, P. D., & Faja, S. (2013). Executive functions. In P. D. Zelazo (Ed.), *Oxford handbook of developmental psychology* (Vol. 1, pp. 706–743). New York, NY: Oxford University Press.
- Casey, B. J., Jones, R. M., & Hare, T. A. (2008). The adolescent brain. In A. Kingstone & M. B. Miller (Eds.), *Year in Cognitive Neuroscience 2008* (Vol. 1124, pp. 111-126). Malden: Wiley-Blackwell.
- Castellanos-Ryan, N., & Conrod, P. (2012). Personality and substance misuse: evidence for a four-factor model of vulnerability *Drug abuse and addiction in medical illness* (pp. 47-62): Springer.

- Castellanos-Ryan, N., Parent, S., Vitaro, F., Tremblay, R. E., & Séguin, J. R. (2013). Pubertal development, personality, and substance use: A 10-year longitudinal study from childhood to adolescence. *Journal of abnormal psychology, 122*(3), 782.
- Castellanos-Ryan, N., Pingault, J. B., Parent, S., Vitaro, F., Tremblay, R. E., & Séguin, J. R. (2017). Adolescent cannabis use, change in neurocognitive function, and high-school graduation: A longitudinal study from early adolescence to young adulthood. *Development and psychopathology, 29*(4), 1253-1266.  
doi:10.1017/s0954579416001280
- Castellanos-Ryan, N., Rioux, C., & London-Nadeau, K. (2019). Les conséquences psychosociales de l'usage de cannabis. Dans S. Brochu, J.-S. Fallu and M. Pelletier (Ed.), *Cannabis*. Montréal: Les Presses de l'Université de Montréal.
- Castellanos-Ryan, N., Séguin, J. R., Vitaro, F., Parent, S., & Tremblay, R. E. (2013). Impact of a 2-year multimodal intervention for disruptive 6-year-olds on substance use in adolescence: randomised controlled trial. *The British Journal of Psychiatry, 203*(3), 188-195.
- Castellanos-Ryan, N., Rubia, K., & Conrod, P. J. (2011). Response inhibition and reward response bias mediate the predictive relationships between impulsivity and sensation seeking and common and unique variance in conduct disorder and substance misuse. *Alcoholism: clinical and experimental research, 35*(1), 140-155.
- Castonguay-Jolin, L., Perrier-Ménard, E., Castellanos-Ryan, N., Parent, S., Vitaro, F., Tremblay, R. E., . . . Conrod, P. J. (2013). Validation de la traduction française de la SURPS pour une population d'adolescents québécois. *Canadian journal of psychiatry. Revue canadienne de psychiatrie, 58*(9), 538.

- Coffey, C., & Patton, G. C. (2016). Cannabis use in adolescence and young adulthood: a review of findings from the Victorian Adolescent Health cohort study. *The Canadian Journal of Psychiatry, 61*(6), 318-327.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (2nd). New Jersey: Laurence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale.
- Conrod, P. J., Castellanos-Ryan, N., & Mackie, C. (2011). Long-term effects of a personality-targeted intervention to reduce alcohol use in adolescents. *Journal of consulting and clinical psychology, 79*(3), 296.
- Conrod, P. J., Castellanos-Ryan, N., & Strang, J. (2010). Brief, personality-targeted coping skills interventions and survival as a non-drug user over a 2-year period during adolescence. *Archives of general psychiatry, 67*(1), 85-93.
- Cortese, S., Ferrin, M., Brandeis, D., Buitelaar, J., Daley, D., Dittmann, R. W., . . . Stringaris, A. (2015). Cognitive training for attention-deficit/hyperactivity disorder: meta-analysis of clinical and neuropsychological outcomes from randomized controlled trials. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 54*(3), 164-174.
- D'esposito, M., & Postle, B. R. (2015). The cognitive neuroscience of working memory. *Annual review of psychology, 66*, 115-142.
- Defoe, I. N., Dubas, J. S., Figner, B., & van Aken, M. A. (2015). A meta-analysis on age differences in risky decision making: adolescents versus children and adults. *Psychol Bull, 141*(1), 48-84. doi:10.1037/a0038088
- Degenhardt, L., Chiu, W.-T., Sampson, N., Kessler, R. C., Anthony, J. C., Angermeyer, M., . . . Huang, Y. (2008). Toward a global view of alcohol, tobacco, cannabis, and cocaine

- use: findings from the WHO World Mental Health Surveys. *PLoS medicine*, 5(7), e141.
- Degenhardt, L., & Hall, W. (2012). Extent of illicit drug use and dependence, and their contribution to the global burden of disease. *The Lancet*, 379(9810), 55-70.
- Dickman, S. J. (1990). Functional and dysfunctional impulsivity: personality and cognitive correlates. *Journal of personality and social psychology*, 58(1), 95.
- Dugas, E. N., Sylvestre, M. P., Ewusi-Boisvert, E., Chaiton, M., Montreuil, A., & O'Loughlin, J. (2019). Early Risk Factors for Daily Cannabis Use in Young Adults. *Canadian Journal of Psychiatry-Revue Canadienne De Psychiatrie*, 64(5), 329-337.  
doi:10.1177/0706743718804541
- Evenden, J. L. (1999). Varieties of impulsivity. *Psychopharmacology*, 146(4), 348-361.
- Ewing, S. W. F., Sakhardande, A., & Blakemore, S.-J. (2014). The effect of alcohol consumption on the adolescent brain: A systematic review of MRI and fMRI studies of alcohol-using youth. *NeuroImage: Clinical*, 5, 420-437.
- Eysenck, S. B., Pearson, P. R., Easting, G., & Allsopp, J. F. (1985). Age norms for impulsiveness, venturesomeness and empathy in adults. *Personality and individual differences*, 6(5), 613-619.
- Fernie, G., Peeters, M., Gullo, M. J., Christiansen, P., Cole, J. C., Sumnall, H., & Field, M. (2013). Multiple behavioural impulsivity tasks predict prospective alcohol involvement in adolescents. *Addiction*, 108(11), 1916-1923.
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological bulletin*, 134(1), 31.

- Gignac, G. E., & Szodorai, E. T. (2016). Effect size guidelines for individual differences researchers. *Personality and Individual Differences, 102*, 74-78.
- Gunn, R. L., & Finn, P. R. (2013). Impulsivity partially mediates the association between reduced working memory capacity and alcohol problems. *Alcohol, 47*(1), 3-8.  
doi:10.1016/j.alcohol.2012.10.003
- Gustavson, D. E., Stallings, M. C., Corley, R. P., Miyake, A., Hewitt, J. K., & Friedman, N. P. (2017). Executive functions and substance use: Relations in late adolescence and early adulthood. *Journal of abnormal psychology, 126*(2), 257.
- Guttmanova, K., Hill, K. G., Bailey, J. A., Lee, J. O., Hartigan, L. A., Hawkins, J. D., & Catalano, R. F. (2012). Examining explanatory mechanisms of the effects of early alcohol use on young adult alcohol dependence. *Journal of studies on alcohol and drugs, 73*(3), 379-390.
- Hall, W., & Degenhardt, L. (2014). The adverse health effects of chronic cannabis use. *Drug testing and analysis, 6*(1-2), 39-45.
- Hentges, R. F., Shaw, D. S., & Wang, M.-T. (2018). Early childhood parenting and child impulsivity as precursors to aggression, substance use, and risky sexual behavior in adolescence and early adulthood. *Development and psychopathology, 30*(4), 1305-1319.
- Hester, R., Murphy, K., & Garavan, H. (2004). Beyond common resources: the cortical basis for resolving task interference. *Neuroimage, 23*(1), 202-212.
- Hinson, J. M., Jameson, T. L., & Whitney, P. (2003). Impulsive decision making and working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 29*(2), 298-306. doi:10.1037/0278-7393.29.2.298

- Hongwanishkul, D., Happaney, K. R., Lee, W. S., & Zelazo, P. D. (2005). Assessment of hot and cool executive function in young children: Age-related changes and individual differences. *Developmental neuropsychology*, 28(2), 617-644.
- Hu, L. t., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural equation modeling: a multidisciplinary journal*, 6(1), 1-55.
- Institut de la statistique du Québec. (2007). *Enquête québécoise sur le tabac, l'alcool, la drogue et le jeu chez les élèves du secondaire, 2006*. Sainte-Foy, QC: Publications du Québec.
- Institut de la statistique du Québec. (2014). *Enquête québécoise sur le tabac, l'alcool, la drogue et le jeu chez les élèves du secondaire*. Sainte-Foy, QC: Publications du Québec.
- Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: a review of our current understanding. *Neuropsychology Review*, 17(3), 213-233.
- Kaiser, A., Bonsu, J. A., Charnigo, R. J., Milich, R., & Lynam, D. R. (2016). Impulsive personality and alcohol use: Bidirectional relations over one year. *Journal of studies on alcohol and drugs*, 77(3), 473-482.
- Kaplan, D., Kim, J. S., & Kim, S. Y. (2009). Multilevel latent variable modeling: Current research and recent developments. *The Sage handbook of quantitative methods in psychology*, 592-612.
- Khurana, A., Romer, D., Betancourt, L. M., Brodsky, N. L., Giannetta, J. M., & Hurt, H. (2013). Working memory ability predicts trajectories of early alcohol use in adolescents: the mediational role of impulsivity. *Addiction*, 108(3), 506-515.

- Khurana, A., Romer, D., Betancourt, L. M., Brodsky, N. L., Giannetta, J. M., & Hurt, H. (2015). Experimentation versus progression in adolescent drug use: A test of an emerging neurobehavioral imbalance model. *Development and psychopathology*, 27(3), 901-913.
- Khurana, A., Romer, D., Betancourt, L. M., & Hurt, H. (2017). Working memory ability and early drug use progression as predictors of adolescent substance use disorders. *Addiction*.
- Kline, R. (2005). *Methodology in the social sciences: Principles and practice of structural equation modeling* (2nd ed.). New York ....
- Krueger, R. F., & Tackett, J. L. (2003). Personality and psychopathology: Working toward the bigger picture. *Journal of Personality Disorders*, 17(2: Special issue), 109-128.
- Lang, K. M., & Little, T. D. (2018). Principled missing data treatments. *Prevention Science*, 19(3), 284-294.
- Latvala, A., Rose, R. J., Pulkkinen, L., Dick, D. M., Korhonen, T., & Kaprio, J. (2014). Drinking, smoking, and educational achievement: cross-lagged associations from adolescence to adulthood. *Drug and alcohol dependence*, 137, 106-113.
- Luna, B., Garver, K. E., Urban, T. A., Lazar, N. A., & Sweeney, J. A. (2004). Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood. *Child development*, 75(5), 1357-1372.
- Malmberg, M., Kleinjan, M., Overbeek, G., Vermulst, A. A., Lammers, J., & Engels, R. C. (2013). Are there reciprocal relationships between substance use risk personality profiles and alcohol or tobacco use in early adolescence? *Addictive Behaviors*, 38(12), 2851-2859.

- Marschall-Lévesque, S., Castellanos-Ryan, N., Parent, S., Renaud, J., Vitaro, F., Boivin, M., . . . Séguin, J. R. (2017). Victimization, suicidal ideation, and alcohol use from age 13 to 15 years: Support for the self-medication model. *Journal of Adolescent Health, 60*(4), 380-387.
- Marschall-Lévesque, S., Castellanos-Ryan, N., Vitaro, F., & Séguin, J. R. (2014). Moderators of the association between peer and target adolescent substance use. *Addictive Behaviors, 39*(1), 48-70. doi:10.1016/j.addbeh.2013.09.025
- Martinez-Loredo, V., Fernandez-Hermida, J. R., de La Torre-Luque, A., & Fernandez-Artamendi, S. (2018). Polydrug use trajectories and differences in impulsivity among adolescents. *International Journal of Clinical and Health Psychology, 18*(3), 235-244. doi:10.1016/j.ijchp.2018.07.003
- McDonough, M. H., Jose, P. E., & Stuart, J. (2016). Bi-directional effects of peer relationships and adolescent substance use: A longitudinal study. *Journal of Youth and Adolescence, 45*(8), 1652-1663.
- Medina, K. L., McQueeney, T., Nagel, B. J., Hanson, K. L., Schweinsburg, A. D., & Tapert, S. F. (2008). Prefrontal cortex volumes in adolescents with alcohol use disorders: unique gender effects. *Alcoholism: clinical and experimental research, 32*(3), 386-394.
- Medina, K. L., McQueeney, T., Nagel, B. J., Hanson, K. L., Yang, T. T., & Tapert, S. F. (2009). IMAGING STUDY: Prefrontal cortex morphometry in abstinent adolescent marijuana users: subtle gender effects. *Addiction biology, 14*(4), 457-468.
- Meier, M. H., Caspi, A., Ambler, A., Harrington, H., Houts, R., Keefe, R. S., . . . Moffitt, T. E. (2012). Persistent cannabis users show neuropsychological decline from childhood to midlife. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 109*(40), E2657-E2664.

- Miller, J. W., Naimi, T. S., Brewer, R. D., & Jones, S. E. (2007). Binge drinking and associated health risk behaviors among high school students. *Pediatrics, 119*(1), 76-85.
- 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.
- Moreno, M., Estevez, A. F., Zaldivar, F., Montes, J. M. G., Gutiérrez-Ferre, V. E., Esteban, L., . . . Flores, P. (2012). Impulsivity differences in recreational cannabis users and binge drinkers in a university population. *Drug and alcohol dependence, 124*(3), 355-362.
- Muthén, B., & Muthén, L. (2012). Mplus 7 base program. *Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.*
- Newbury-Birch, D. (2009). Impact of alcohol consumption on young people: A review of reviews.
- Nguyen-Louie, T. T., Simmons, A. N., Squeglia, L. M., Infante, M. A., Schacht, J. P., & Tapert, S. F. (2018). Earlier alcohol use onset prospectively predicts changes in functional connectivity. *Psychopharmacology, 235*(4), 1041-1054.
- O'Leary-Barrett, M., Mackie, C. J., Castellanos-Ryan, N., Al-Khudhairy, N., & Conrod, P. J. (2010). Personality-targeted interventions delay uptake of drinking and decrease risk of alcohol-related problems when delivered by teachers. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 49*(9), 954-963. e951.
- Patton, J. H., Stanford, M. S., & Barratt, E. S. (1995). Factor structure of the Barratt impulsiveness scale. *Journal of clinical psychology, 51*(6), 768-774.

- Pedersen, S. L., Molina, B. S. G., Belendiuk, K. A., & Donovan, J. E. (2012). Racial Differences in the Development of Impulsivity and Sensation Seeking from Childhood into Adolescence and Their Relation to Alcohol Use. *Alcoholism-Clinical and Experimental Research, 36*(10), 1794-1802. doi:10.1111/j.1530-0277.2012.01797.x
- Peeters, M., Janssen, T., Monshouwer, K., Boendermaker, W., Pronk, T., Wiers, R., & Vollebergh, W. (2015). Weaknesses in executive functioning predict the initiating of adolescents' alcohol use. *Developmental Cognitive Neuroscience, 16*, 139-146. doi:10.1016/j.dcn.2015.04.003
- Petanjek, Z., Judaš, M., Šimić, G., Rašin, M. R., Uylings, H. B., Rakic, P., & Kostović, I. (2011). Extraordinary neoteny of synaptic spines in the human prefrontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(32), 13281-13286.
- Petrides, M., Alivisatos, B., Evans, A. C., & Meyer, E. (1993). Dissociation of human mid-dorsolateral from posterior dorsolateral frontal cortex in memory processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 90*(3), 873-877.
- Petrides, M., & Milner, B. (1982). Deficits on subject-ordered tasks after frontal-and temporal-lobe lesions in man. *Neuropsychologia, 20*(3), 249-262.
- Pinsonneault, M., Parent, S., Castellanos-Ryan, N., & Séguin, J. R. (2015). Low intelligence and poor executive function as vulnerabilities to externalizing behavior *The Oxford Handbook of Externalizing Spectrum Disorders* (pp. 375).
- Quinn, P. D., Stappenbeck, C. A., & Fromme, K. (2011). Collegiate heavy drinking prospectively predicts change in sensation seeking and impulsivity. *Journal of abnormal psychology, 120*(3), 543.

- Rioux, C., Castellanos-Ryan, N., Parent, S., & Séguin, J. R. (2016). The interaction between temperament and the family environment in adolescent substance use and externalizing behaviors: Support for diathesis–stress or differential susceptibility? *Developmental Review, 40*, 117-150.
- Rioux, C., Castellanos-Ryan, N., Parent, S., Vitaro, F., Tremblay, R. E., & Seguin, J. R. (2016). Differential susceptibility to environmental influences: Interactions between child temperament and parenting in adolescent alcohol use. *Development and psychopathology, 28*(1), 265-275. doi:10.1017/s0954579415000437
- Rioux, C., Castellanos-Ryan, N., Parent, S., Vitaro, F., Tremblay, R. E., & Séguin, J. R. (2018). Age of cannabis use onset and adult drug abuse symptoms: A prospective study of common risk factors and indirect effects. *The Canadian Journal of Psychiatry, 63*(7), 457-464.
- Ritchwood, T. D., Ford, H., DeCoster, J., Sutton, M., & Lochman, J. E. (2015). Risky sexual behavior and substance use among adolescents: A meta-analysis. *Children and youth services review, 52*, 74-88.
- Romer, D., Betancourt, L., Giannetta, J. M., Brodsky, N. L., Farah, M., & Hurt, H. (2009). Executive cognitive functions and impulsivity as correlates of risk taking and problem behavior in preadolescents. *Neuropsychologia, 47*(13), 2916-2926.
- Rothbart, M. K., Ahadi, S. A., Hershey, K. L., & Fisher, P. (2001). Investigations of temperament at three to seven years: The Children's Behavior Questionnaire. *Child development, 72*(5), 1394-1408.

- Rutherford, H. J., Mayes, L. C., & Potenza, M. N. (2010). Neurobiology of adolescent substance use disorders: implications for prevention and treatment. *Child and adolescent psychiatric clinics of North America*, 19(3), 479-492.
- Sameroff, A. (2009). *The transactional model*: American Psychological Association.
- Santé Québec, J., M., Derosiers, H., & Tremblay, R. E. (1997). "En 2001... j'aurai 5 ans!", *Enquête auprès des bébés de 5 mois. Rapport préliminaire de l'Étude longitudinale du développement des enfants du Québec (ÉLDEQ)*. Montréal: Ministère de la Santé et des Services Sociaux, Gouvernement du Québec.
- Satorra, A. (2000). Scaled and adjusted restricted tests in multi-sample analysis of moment structures *Innovations in multivariate statistical analysis* (pp. 233-247): Springer.
- Silins, E., Horwood, L. J., Najman, J. M., Patton, G. C., Toumbourou, J. W., Olsson, C. A., . . . Cannabis Cohorts Res, C. (2018). Adverse adult consequences of different alcohol use patterns in adolescence: an integrative analysis of data to age 30 years from four Australasian cohorts. *Addiction*, 113(10), 1811-1825. doi:10.1111/add.14263
- Simmonds, D. J., Hallquist, M. N., & Luna, B. (2017). Protracted development of executive and mnemonic brain systems underlying working memory in adolescence: a longitudinal fMRI study. *Neuroimage*, 157, 695-704.
- Single, E., Rehm, J., Robson, L., & Van Truong, M. (2000). The relative risks and etiologic fractions of different causes of death and disease attributable to alcohol, tobacco and illicit drug use in Canada. *cmaj*, 162(12), 1669-1675.
- Solowij, N., Jones, K. A., Rozman, M. E., Davis, S. M., Ciarrochi, J., Heaven, P. C., . . . Yücel, M. (2012). Reflection impulsivity in adolescent cannabis users: a comparison

- with alcohol-using and non-substance-using adolescents. *Psychopharmacology*, 219(2), 575-586.
- Squeglia, L. M., Schweinsburg, A. D., Pulido, C., & Tapert, S. F. (2011). Adolescent binge drinking linked to abnormal spatial working memory brain activation: differential gender effects. *Alcoholism: clinical and experimental research*, 35(10), 1831-1841.
- Squeglia, L. M., Spadoni, A. D., Infante, M. A., Myers, M. G., & Tapert, S. F. (2009). Initiating moderate to heavy alcohol use predicts changes in neuropsychological functioning for adolescent girls and boys. *Psychology of addictive behaviors*, 23(4), 715.
- Squeglia, L. M., Tapert, S. F., Sullivan, E. V., Jacobus, J., Meloy, M., Rohlfing, T., & Pfefferbaum, A. (2015). Brain development in heavy-drinking adolescents. *American journal of psychiatry*, 172(6), 531-542.
- Stamates, A. L., & Lau-Barraco, C. (2017). The Dimensionality of Impulsivity: Perspectives and Implications for Emerging Adult Drinking. *Experimental and clinical psychopharmacology*, 25(6), 521-533. doi:10.1037/pha0000153
- Stautz, K., & Cooper, A. (2013). Impulsivity-related personality traits and adolescent alcohol use: A meta-analytic review. *Clinical Psychology Review*, 33(4), 574-592.
- Stautz, K., Pechey, R., Couturier, D.-L., Deary, I. J., & Marteau, T. M. (2016). Do executive function and impulsivity predict adolescent health behaviour after accounting for intelligence? Findings from the ALSPAC cohort. *PloS one*, 11(8), e0160512.
- Steiger, J. H. (2007). Understanding the limitations of global fit assessment in structural equation modeling. *Personality and Individual Differences*, 42(5), 893-898.

- Steinberg, L. (2010). A dual systems model of adolescent risk-taking. *Developmental Psychobiology: The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology*, 52(3), 216-224.
- Steinberg, L., Albert, D., Cauffman, E., Banich, M., Graham, S., & Woolard, J. (2008). Age differences in sensation seeking and impulsivity as indexed by behavior and self-report: evidence for a dual systems model. *Developmental psychology*, 44(6), 1764.
- Stuss, D. T. (2011). Functions of the frontal lobes: relation to executive functions. *Journal of the international neuropsychological Society*, 17(5), 759-765.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). Using multivariate statistics (6th ed.). Boston: Pearson Education.
- Tackett, J. L. (2006). Evaluating models of the personality–psychopathology relationship in children and adolescents. *Clinical Psychology Review*, 26(5), 584-599.
- Tanaree, A., Assanangkornchai, S., & Kittirattanapaiboon, P. (2017). Pattern and risk of developing alcohol use disorders, illegal substance use and psychiatric disorders after early onset of alcohol use: Results of the Thai National Mental Health Survey 2013. *Drug and alcohol dependence*, 170, 102-111.
- Taurisano, P., Antonucci, L. A., Fazio, L., Rampino, A., Romano, R., Porcelli, A., . . . Torretta, S. (2016). Prefrontal activity during working memory is modulated by the interaction of variation in CB1 and COX2 coding genes and correlates with frequency of cannabis use. *Cortex*, 81, 231-238.
- Tervo-Clemmens, B., Simmonds, D., Calabro, F. J., Day, N. L., Richardson, G. A., & Luna, B. (2018). Adolescent cannabis use and brain systems supporting adult working memory encoding, maintenance, and retrieval. *Neuroimage*, 169, 496-509.

- Tremblay, R. E., Nagin, D. S., Séguin, J. R., Zoccolillo, M., Zelazo, P. D., Boivin, M., . . . Japel, C. (2004). Physical aggression during early childhood: Trajectories and predictors. *Pediatrics, 114*(1), e43-e50.
- Wardell, J. D., Quilty, L. C., & Hendershot, C. S. (2016). Impulsivity, working memory, and impaired control over alcohol: A latent variable analysis. *Psychology of addictive behaviors, 30*(5), 544.
- White, H. R., Marmorstein, N. R., Crews, F. T., Bates, M. E., Mun, E. Y., & Loeber, R. (2011). Associations between heavy drinking and changes in impulsive behavior among adolescent boys. *Alcoholism: clinical and experimental research, 35*(2), 295-303.
- Whiteside, S. P., Lynam, D. R., Miller, J. D., & Reynolds, S. K. (2005). Validation of the UPPS impulsive behaviour scale: a four-factor model of impulsivity. *European Journal of Personality: Published for the European Association of Personality Psychology, 19*(7), 559-574.
- Woicik, P. A., Stewart, S. H., Pihl, R. O., & Conrod, P. J. (2009). The substance use risk profile scale: A scale measuring traits linked to reinforcement-specific substance use profiles. *Addictive Behaviors, 34*(12), 1042-1055. doi:10.1016/j.addbeh.2009.07.001
- Zelazo, P. D., Blair, C. B., & Willoughby, M. T. (2016). Executive Function: Implications for Education. NCER 2017-2000. *National Center for Education Research*.

## ANNEXE A

Nuages de points de l'association entre l'impulsivité à 15 ans et la mémoire de travail à 16 ans

