



# **Prédiction du décrochage scolaire au secondaire par un score polygénique lié au niveau de diplomation et examen des mécanismes associés**

**Mémoire doctoral**

**Camille Brochu-Hamel**

**Doctorat en psychologie**

Docteure en psychologie (D. Psy.)

Québec, Canada

**Prédiction du décrochage scolaire au secondaire par un score polygénique lié au  
niveau de diplomation et examen des mécanismes associés**

**Mémoire doctoral**

**Camille Brochu-Hamel**

Sous la direction de :

Michel Boivin, directeur de recherche

## Résumé

### Introduction

Le décrochage scolaire au secondaire comporte des conséquences sociétales sur les plans de l'économie et de la santé publique. Des facteurs environnementaux et génétiques contribuent à l'explication des différences individuelles quant au niveau de diplomation. Toutefois, les processus par lesquels les facteurs génétiques prédisent le décrochage scolaire sont encore méconnus, ayant rarement été étudiés par des devis longitudinaux. La présente étude s'intéresse à la prédiction du décrochage scolaire au secondaire par un score polygénique (SPG) du niveau de diplomation via des facteurs de risque individuels liés au décrochage scolaire, soit la réussite scolaire, le redoublement et l'engagement scolaire comportemental.

### Méthode

Dans le cadre de l'Étude longitudinale du développement des enfants du Québec (ÉLDEQ), 674 participants génotypés ont fourni des données sur la réussite scolaire, le redoublement et l'engagement scolaire comportemental à 15 ans ainsi que sur le décrochage scolaire à 19 ans. Un SPG pour le niveau de diplomation a été calculé à partir des résultats disponibles d'études d'association pangénomiques (GWAS). Nous avons testé une équation structurelle de médiation dans laquelle le SPG prédisait le décrochage scolaire au secondaire par l'entremise de la réussite scolaire, du redoublement et de l'engagement scolaire comportemental.

### Résultats

Le SPG s'est avéré significativement associé au décrochage scolaire ainsi qu'à la réussite scolaire, au parcours scolaire et au désengagement comportemental. Les résultats ont aussi montré que la réussite scolaire et l'engagement comportemental à 15 ans expliquent entièrement le lien entre le SPG et le décrochage scolaire à 19 ans.

### Conclusion

Les résultats appuient l'idée que le SPG pour le niveau de diplomation prédit indirectement le décrochage scolaire à 19 ans par l'intermédiaire de la réussite scolaire et du

désengagement scolaire comportemental à 15 ans. La prise en compte des facteurs génétiques dans la prédiction du cheminement scolaire pourrait contribuer à enrichir les modèles théoriques du décrochage scolaire au secondaire et à améliorer le dépistage des enfants à risque de même que l'intervention préventive.

## **Abstract**

### **Background**

High school dropout constitutes a major economic and public health burden. Genetic factors play a significant role in explaining individual differences in educational attainment. However, the processes through which genetic factors predict high school dropout are still unclear, as they have rarely been examined within a longitudinal design. Hence, the current study aimed to examine how a polygenic score for educational attainment predicts high school dropout via individual factors linked to high school dropout, that is school achievement, grade retention and behavioral school engagement.

### **Methods**

As part of the Quebec Longitudinal Study of Child Development (QLSCD), 674 genotyped participants self-reported on educational achievement, grade retention and behavioral school engagement at 15 years old, and on high school dropout at 19 years old. A polygenic score (PGS) for education level was calculated from available genome-wide association results. We tested a structural equation mediation model in which the PGS predicted high school dropout via school achievement, grade retention and behavioral school engagement.

### **Results**

The PGS turned out to be associated with high school dropout as well as with school achievement, grade retention and behavioral school engagement. Findings showed that low school achievement and behavioral school disengagement at 15 years old entirely explained the relationship between PGS and high school dropout at 19 years old.

### **Conclusion**

The results support the idea that the PGS for educational attainment indirectly predicts high school dropout at 19 years old through school achievement and behavioral school disengagement at 15 years old. Taking into account genetic factors in the prediction of academic progress could contribute to enrich theoretical models of high school dropout and to improve screening of children at risk and preventive intervention.

## Table des matières

<i>Résumé</i> .....	<i>ii</i>
<b>Introduction</b> .....	<b>ii</b>
<b>Méthode</b> .....	<b>ii</b>
<b>Résultats</b> .....	<b>ii</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>ii</b>
<i>Abstract</i> .....	<i>iv</i>
<b>Background</b> .....	<b>iv</b>
<b>Methods</b> .....	<b>iv</b>
<b>Results</b> .....	<b>iv</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>iv</b>
<i>Liste des tableaux</i> .....	<i>vii</i>
<i>Liste des figures</i> .....	<i>viii</i>
<i>Liste des abréviations</i> .....	<i>ix</i>
<i>Remerciements</i> .....	<i>x</i>
<i>Avant-propos</i> .....	<i>xii</i>
<i>Introduction</i> .....	<i>1</i>
<b>Décrochage scolaire au secondaire</b> .....	<b>1</b>
<b>Facteurs de risques associés au décrochage scolaire</b> .....	<b>3</b>
<b>Étude des facteurs génétiques qui influencent les comportements</b> .....	<b>8</b>
Études de jumeaux .....	9
Génétique moléculaire.....	10
<b>Scores polygéniques</b> .....	<b>11</b>
<b>Médiation de l'association entre un score polygénique et le décrochage scolaire</b> .....	<b>13</b>
<b>Objectifs et hypothèses</b> .....	<b>14</b>
<i>Chapitre 1 : Predicting higschool dropout from a polygenic score for educational attainment and investigating possible mediating variables</i> .....	<i>16</i>
Abbreviated title.....	16
Authors.....	16
Authors' affiliations .....	16
<i>Résumé</i> .....	<i>17</i>
<b>Mots-clés</b> .....	<b>17</b>
<i>Abstract</i> .....	<i>18</i>
<b>Keywords</b> .....	<b>18</b>
<i>Predicting school dropout from a polygenic score for educational attainment and investigating possible mediating variables</i> .....	<i>19</i>
<i>Method</i> .....	<i>23</i>
<b>Sample</b> .....	<b>23</b>
<b>Ethical Considerations</b> .....	<b>24</b>
<b>Measures</b> .....	<b>24</b>
School Dropout .....	24
School Achievement, Grade Progress and Behavioral School Disengagement.....	25
Polygenic Score Calculation .....	26
Control variables .....	27
<i>Analyses</i> .....	<i>27</i>
<i>Results</i> .....	<i>29</i>
<b>Preliminary Analyses</b> .....	<b>29</b>

Differences between sexes .....	29
Correlations .....	29
<b>The mediational role of academic achievement, grade progress and behavioral school disengagement in the relation between EY3 and high school dropout .....</b>	<b>30</b>
<i>Discussion</i> .....	<i>31</i>
<b>Implications for prevention and intervention .....</b>	<b>34</b>
<b>Limitations</b> .....	<b>36</b>
<i>Conclusion</i> .....	<i>38</i>
<i>References</i> .....	<i>39</i>
<i>Conclusion</i> .....	<i>45</i>
<b>Implications pour la prévention et l'intervention .....</b>	<b>49</b>
<b>Limites</b> .....	<b>51</b>
<i>Bibliographie</i> .....	<i>54</i>
<i>Annexe A</i> .....	<i>66</i>

**Liste des tableaux**

Table 1. Descriptive Information for Variables of Interest by Sex ..... 62  
Table 2. Correlation Matrix for Study Variables..... 63  
Table 3. Correlation Matrix for Study Variables when including individuals with a diploma of vocational studies (DVS) or a skills training certificate (STC) in the dropout group ..... 66



### **Liste des figures**

Figure 1. Mediation Model of the Contribution of Overall Academic Average, Grade Progress and Behavioral School Disengagement in the Association Between EY3 and School Dropout .....	64
Figure 2. Structural Equation Modeling of Overall Academic Average, Grade Progress and Behavioral School Disengagement as Mediators of the Association Between EY3 and School Dropout.....	65

## Liste des abréviations

CFI	Comparative fit index
DES	Diplôme d'études secondaires
DVS	Diploma of vocational studies
ÉLDEQ	Étude longitudinale du développement des enfants du Québec
EY3	EduYears3
FIML	Full information maximum likelihood
GPA	Grade point average
GRIP	Groupe de recherche sur l'inadaptation psychosociale chez l'enfant
GWAS	Étude d'association pangénomique
NEET	Not in education, employment, or training
PMK	Person most knowledgeable about the child
PGS	Polygenic Score
QLSCD	Quebec Longitudinal Study of Child Development
RMSEA	Root mean square error of approximation
SES	Socioeconomic Status
SNP	Polymorphisme d'un seul nucléotide
SPG	Score polygénique
SSE	Statut socio-économique
SRMR	Standardized root mean square residual
STC	Skills training certificate
WLSMV	Weighted least squares mean, and variance adjusted estimation

## Remerciements

Le présent mémoire est le fruit d'un travail de longue haleine rendu possible grâce au soutien de plusieurs personnes à la fois sur les plans professionnel et personnel.

D'emblée, je remercie mon directeur de recherche, monsieur Michel Boivin, pour la qualité de ses conseils, le temps consacré au projet à chacune des étapes de sa réalisation, sa réassurance constance et sa confiance en mes capacités.

Je remercie également le corps professoral et le personnel administratif de l'École de psychologie de l'Université Laval d'avoir contribué au développement de mes connaissances ainsi que de m'avoir fourni les outils nécessaires à la complétion de mon doctorat et par, le fait même, à la réalisation du présent projet de recherche.

Ensuite, ce projet n'aurait pas pu être possible sans la grande disponibilité, les conseils pratiques, l'approche personnalisée et la capacité de vulgarisation de madame Hélène Paradis, professionnelle de recherche à l'École de psychologie de l'Université Laval. Les contributions de monsieur Simon Larose, professeur à la faculté des sciences de l'éducation de l'Université Laval et de madame Ginette Dionne, professeure à l'École de psychologie de l'Université Laval, membres de mon comité d'encadrement, ont également été essentielles à l'aboutissement du présent projet comme ceux-ci ont guidé mes réflexions par leurs commentaires et leurs conseils. Je tiens également à remercier les membres du Groupe de recherche sur l'inadaptation psychosociale chez l'enfant (GRIP) ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de mon projet, plus spécialement, madame Geneviève Morneau-Vaillancourt, laquelle s'est investie à différentes étapes du projet et m'a fourni une aide inestimable lors de la correction de mon mémoire. Un remerciement particulier est destiné aux enfants ayant participé à la collecte de données de l'Étude longitudinale du développement des enfants du Québec (ÉLDEQ) et à leurs familles, lesquels ont fourni des informations ayant contribué à l'avancement des connaissances dans de multiples domaines.

Finalement, je souhaite remercier mes proches, soit ma famille, mon conjoint et mes amies. Je remercie mes parents, ma grand-mère et mon conjoint pour leur soutien constant à

la fois émotionnel et financier, leur réassurance dans les moments de doute et leur croyance profonde en mes compétences. Je remercie également mes amis rencontrés au cours de mon parcours en psychologie pour leur écoute, leur empathie, leur disponibilité et leur support. Je remercie également mon amie de longue date, Mariève, pour les longues heures passées à écouter les pratiques de mes présentations et sa conviction profonde que je pouvais réussir tout ce que j'entreprends. Un dernier remerciement tout spécial est adressé à tous mes amis qui ont su m'apporter réconfort et soutien lorsque j'ai été confrontée à différents défis, au fil de mon parcours, et qui m'ont souligné la différence que je pouvais faire en étudiant la psychologie.

## **Avant-propos**

Camille Brochu-Hamel, candidate au doctorat en psychologie est la première auteure de l'article, comme il s'inscrit dans le cadre de son mémoire doctoral. Elle en a effectué la rédaction ainsi que celle du présent mémoire. Elle a également participé à la conception du projet, effectué la recension des écrits et contribué à la fois aux analyses statistiques et à l'interprétation des résultats.

Toutes les étapes du projet ont été réalisées sous la supervision de Michel Boivin, Ph. D., directeur de recherche, lequel a participé à la conception du présent projet ainsi que de l'Étude longitudinale du développement des enfants du Québec (ÉLDEQ), étude plus large dans laquelle s'insère le mémoire. Il a également révisé et approuvé chaque version du mémoire ainsi que de l'article. Simon Larose, Ph. D. et Ginette Dionne, Ph. D., membres du comité d'encadrement, ont révisé à la fois le mémoire et l'article à différentes étapes de sa rédaction.

Hélène Paradis, professionnelle de recherche, a également collaboré à la conception du projet, réalisé les analyses statistiques principales, contribué à l'interprétation des résultats et révisé certaines sections de l'article. Geneviève Morneau-Vaillancourt, PhD, a été une personne ressource tout au long du projet. Elle a d'ailleurs participé à la conception du projet et a révisé différentes versions du mémoire et de l'article.

En plus des auteurs cités précédemment, l'article a été rédigé en collaboration avec plusieurs personnes ayant participé à l'élaboration de l'ÉLDEQ, soit Till Andlauer, Ph. D., Isabelle Ouellet-Morin, Ph. D., Stéphane Paquin, Ph. D., Stéphanie Langevin, Ph. D., Mara Brendgen, Ph. D., Frank Vitaro, Ph. D., Jean-Philippe Gouin, Ph. D., Jean Séguin, Ph. D., Richard Tremblay, Ph. D. et Sylvana Côté, Ph. D. L'ÉLDEQ a été réalisée avec l'appui financier du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), de la Fondation Lucie et André Chagnon, du ministère de la Famille (MF) et de l'Institut de la statistique du Québec.

## Introduction

### Décrochage scolaire au secondaire

Selon Statistique Canada (2017), en 2016, 340 000 Canadiens âgés entre 25 et 34 ans, soit 8,5 % des hommes et 5,4 % des femmes, n'avaient pas obtenu de DES. De plus, selon le bureau de recensement des États-Unis, en 2018, 6,0 % des Américains âgés entre 18 et 24 ans avaient décroché avant d'obtenir leur DES (Bauman & Cranney, 2020). Le décrochage scolaire est associé à des difficultés ultérieures importantes pour l'individu sur les plans de l'emploi, de la criminalité et de la santé (Lansford, Dodge, Pettit, & Bates, 2016; Muennig, Fiscella, Tancred, & Franks, 2010; Statistique Canada, 2017; 2019 Vaughn, Salas-Wright, & Maynard, 2014). Ainsi, l'individu qui décroche voit ses opportunités d'emploi diminuer en ce qui a trait aux emplois nécessitant des connaissances spécifiques. En 2019, 76,9 % des individus âgés entre 25 et 54 ans ayant complété leurs études secondaires occupaient un emploi comparativement à 64,4 % des personnes n'ayant pas obtenu de diplôme d'études secondaires (DES) (Statistique Canada, 2019). Ce taux d'emploi chute à 50,5 % lorsque seuls les individus ayant complété un deuxième secondaire (ou l'équivalent) ou moins sont considérés (Statistique Canada, 2019). La proportion actuelle de personnes non diplômées du secondaire détenant un emploi est la plus faible des 20 dernières années (Statistique Canada, 2017). Outre leur plus faible accès à l'emploi, les individus sans DES obtiennent des salaires inférieurs à ceux des personnes diplômées. En effet, parmi les individus occupant un poste à temps plein, les femmes et les hommes détenant un diplôme ont respectivement des salaires 43 % et 19 % supérieurs à ceux des individus sans diplôme (Statistique Canada, 2017).

Comparativement au reste de la population, les décrocheurs manifestent davantage d'agressivité (Cairns et al., 1989) et de problèmes de comportement (Bedrossian, 2017; Janosz et al., 1997; Ripple & Luthar, 2000). Ils sont aussi plus enclins à s'adonner à des activités criminelles à l'âge adulte comparativement aux personnes qui détiennent un DES. Ainsi, ils seraient quatre fois plus susceptibles d'être arrêtés, de perdre leur emploi, de bénéficier de l'aide sociale ou d'utiliser des substances illicites que les individus qui, à l'âge de 27 ans, détiennent un DES (Lansford et al., 2016). En outre, ils présentent plus souvent des symptômes dépressifs (Dupéré et al., 2017) et peuvent réprimer leurs émotions ou, en

d'autres termes, rendre inconscients des sentiments ou des émotions normalement attendus ou être incapables de les identifier (Janosz et al., 1997).

Enfin, les individus sans diplôme sont généralement en moins bonne santé physique et mentale que les personnes qui détiennent un diplôme (Lansford et al., 2016; Muennig et al., 2010; Vaughn et al., 2014). Ils sont ainsi davantage atteints de maladies chroniques telles que le diabète (Vaughn et al., 2014) et présentent une qualité de vie plus faible, telle qu'elle a été mesurée par des indices comme la mobilité, l'anxiété et la dépression perçues (Muennig et al., 2010). Il n'est donc pas étonnant que ces personnes évaluent leur santé physique plus négativement (Lansford et al., 2016). Il est à noter que ces conclusions sont basées sur des corrélations et donc, elles ne peuvent être considérées comme des conséquences directes du décrochage. Il semble tout de même primordial de comprendre les mécanismes qui sous-tendent le décrochage scolaire afin de le prévenir dans l'espoir de réduire les fardeaux personnel, économique et social auxquels il est associé. En effet, les effets collatéraux du décrochage scolaire génèrent d'importants coûts sociaux alors que les gouvernements collectent moins d'impôt auprès des individus ne détenant pas de DES et doivent subventionner de nombreux programmes sociaux pour pallier les effets délétères du phénomène (Rumberger, 2020).

Au Canada et aux États-Unis, pour être considéré comme « décrocheur », l'individu doit remplir deux critères, soit (a) ne pas détenir de DES et (b) ne plus fréquenter le système scolaire (Bouchard et al., 1991; Ducharme, 2003; United States Census Bureau, 2019). Le taux de décrochage correspond à la proportion de décrocheurs à un âge donné ou, en d'autres termes, à la proportion de la population totale des personnes à un âge spécifique qui ne sont ni diplômées du secondaire, ni présentes dans le système scolaire (Ducharme, 2003; United States Census Bureau, 2019). Bien que le terme « décrochage » soit principalement utilisé au Canada et aux États-Unis, des concepts similaires tels que « départ scolaire précoce (early school leaving) » ou « pas en éducation, emploi ou formation (not in education, employment or training ou NEET) » dont les définitions rejoignent les critères canadiens et américains sont utilisés dans d'autres pays. De fait, en comparant les définitions du terme « décrochage » utilisées par des chercheurs de 13 pays différents (i. e. Allemagne, Angleterre, Australie,

Canada, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Islande, Norvège, Pologne et Suède), Lamb et Markussen (2011) ont remarqué que chaque définition désigne le décrocheur comme un individu qui ne possède pas de diplôme du secondaire supérieur et qui ne fréquente plus l'école.

### **Facteurs de risques associés au décrochage scolaire**

Plusieurs modèles théoriques tentent d'expliquer l'origine du décrochage scolaire. Toutefois, aucun ne semble complet. À cet effet, González-Rodríguez, Vieira et Vidal (2019) ont recensé 32 synthèses de la littérature parues entre 2006 et 2016 portant sur les modèles théoriques du décrochage scolaire. Tous les modèles proposés n'expliquaient qu'une partie du phénomène mettant ainsi en évidence la nécessité d'étudier plus amplement les facteurs à l'origine du phénomène.

Certains auteurs ont cherché à cerner les facteurs d'ordre scolaire, personnel, familial et relationnel associés au décrochage scolaire (González-Rodríguez et al., 2019). Sur le plan scolaire, de plus faibles résultats (Bedrossian, 2017; Cairns, Cairns, & Neckerman, 1989; Janosz, LeBlanc, Boulerice, & Tremblay, 1997; Wood, Kiperman, Esch, Leroux, & Truscott, 2017), le redoublement d'une ou plusieurs années scolaires (Janosz et al., 1997; Wood et al., 2017) et un engagement moindre envers l'école (Archambault, Janosz, Fallu, & Pagani, 2009) sont parmi les facteurs les plus fortement associés au risque de décrocher avant d'avoir obtenu un DES.

Plus précisément, sur le plan des résultats scolaires, les élèves dont le rendement scolaire est plus faible, selon l'enseignant, sont plus susceptibles de décrocher avant d'avoir obtenu leur DES (Cairns et al., 1989). Les résultats d'une étude menée par Wood et ses collègues (2017) montrent également qu'un indice composite standardisé calculé à partir des résultats d'adolescents en mathématiques et en lecture prédit le décrochage scolaire. Finalement, les individus se percevant comme moins compétents sur le plan scolaire décrochent plus souvent que leurs pairs qui se perçoivent comme plus compétents (Bedrossian, 2017; Janosz et al., 1997).



En ce qui regarde le redoublement, une recension systématique de 17 études menées entre 1972 et 1999 montre que le redoublement est l'un des plus forts prédicteurs du décrochage scolaire au secondaire (Jimerson et al., 2002). Le fait d'avoir répété une ou plusieurs années scolaires, tel que rapporté par les parents d'élèves de quatrième secondaire, (Wood et al., 2017) et le nombre auto-rapporté d'années de retard sur le cheminement scolaire régulier (Janosz et al., 1997) prédisent également le décrochage scolaire au secondaire. Plus il survient tôt, plus le redoublement traduit une carence dans l'acquisition de compétences académiques de base et plus la probabilité de décrocher est grande (Legleye Obradovic, Jansen, Spilka, Le Nezet et Beck, 2010). Le redoublement est, évidemment, associé à de plus faibles résultats scolaires (McCoy & Reynolds, 1999) qui en sont souvent le principal motif. Cependant, même lorsque les résultats scolaires et des facteurs tels que le SSE de la famille et de l'établissement scolaire, de même que la taille de l'école sont pris en compte, le redoublement contribue toujours au risque de décrocher (Wood et al., 2017).

La recherche actuelle sur le rôle du désengagement scolaire est plus mitigée, notamment parce que la notion est plus complexe à définir et donc à opérationnaliser. En effet, il n'existe aucune définition communément adoptée du concept. Archambault et ses collègues (2009) mentionnent toutefois deux éléments communs à l'ensemble des définitions, soit le fait que l'engagement soit 1) un processus qui évolue tout au long du parcours scolaire et 2) qu'il comporte des aspects comportemental et motivationnel. Selon les mêmes auteurs, l'engagement présente des dimensions affective, comportementale et cognitive.

L'engagement comportemental réfère aux comportements de l'élève qui favorisent l'ajustement psychosocial et la réussite scolaire. Cette dimension s'articule en trois principaux aspects, soit les comportements positifs (i. e. fréquentation scolaire, présence en classe et conformité aux règles), l'implication dans les tâches scolaires (i. e. le fait de compléter ses travaux scolaires et de participer aux discussions en classe) et la fréquence de la participation à des activités parascolaires. La dimension affective de l'engagement réfère aux sentiments, aux intérêts, aux perceptions et aux attitudes envers l'école. Finalement, la dimension cognitive s'intéresse à l'investissement psychologique dans l'apprentissage (i. e.

le sentiment de compétence et la volonté à s'impliquer dans les activités d'apprentissage) et à l'utilisation de stratégies d'autorégulation (i. e. la mémorisation, la planification de la tâche et l'auto-surveillance). Un test de ce modèle auprès d'un échantillon composé de 11 287 élèves fréquentant des écoles secondaires québécoises a montré que les niveaux auto-rapportés d'engagement global envers l'école prédisaient le décrochage scolaire (Archambault et al., 2009). Toutefois, seule la dimension comportementale de l'engagement scolaire contribuait significativement à l'équation de prédiction.

Sur le plan personnel, l'adoption de comportements perturbateurs (i.e., l'hyperactivité, l'inattention, l'agressivité et l'opposition), tels que rapportés par les enseignants dès le préscolaire, prédit le décrochage scolaire à l'école secondaire (Vitaro, Brengden, Larose et Tremblay, 2005). Toutefois, l'adoption de comportements prosociaux (e.g. mettre un terme aux conflits, inviter les pairs mis à l'écart, montrer de la sympathie, aider et reconforter, etc.) peut jouer un rôle compensatoire dans cette prédiction.

Sur le plan familial, les jeunes provenant de familles dont le statut socio-économique (SSE) est plus faible (Cairns et al., 1989; Janosz et al., 1997; Marjoribanks, 2002; Wood et al., 2017) et dont les parents ont un plus faible niveau de diplomation et adoptent un style autoritaire (Janosz et al., 1997; Palomar-Lever & Victorio-Estrada, 2017) sont davantage à risque de décrocher. Cependant, l'adoption d'un style démocratique par les parents peut également jouer un rôle compensatoire quant au lien prédictif qui unit les comportements perturbateurs au préscolaire et le décrochage (Vitaro et al., 2005). Les jeunes décrocheurs ont aussi plus souvent été exposés à des facteurs de stress aigu tels que des crises familiales, des changements d'établissement scolaire, des conflits avec leur partenaire amoureux ou une comparution en Cour comme accusé ou défendant dans les mois précédant leur décrochage (Dupéré et al., 2018), ainsi qu'à des expériences adverses durant l'enfance (Morrow & Villodas, 2018; Palomar-Lever & Victorio-Estrada, 2017). Ces dernières désignent typiquement l'abus et la négligence ainsi qu'un ensemble d'autres facteurs de risque comme avoir grandi auprès de parents aux prises avec une dépendance ou un trouble de santé mentale. Finalement, sur le plan relationnel, les décrocheurs ont tendance à avoir un groupe d'amis qui sont aussi à risque de décrocher (Cairns et al., 1989; Janosz et al., 1997)

En somme, un ensemble de facteurs de risque ont été documentés qui, pris ensemble, pourraient permettre de mieux identifier les jeunes à risque de décrocher. Toutefois, une association ne garantit pas une relation causale entre le facteur et le décrochage. Ainsi, il se peut que certains de ces facteurs soient des conséquences du décrochage ou que, à la fois le facteur et le décrochage soient causés par une tierce variable. Dès lors, dans le but de préciser la direction de la relation entre les différentes variables et le décrochage, divers auteurs se sont penchés sur l'identification de prédicteurs du décrochage scolaire. Selon de multiples études, il semble que le décrochage scolaire ne soit pas prédit par un facteur de risque unique, mais plutôt par la combinaison de divers facteurs de risque, d'où l'importance d'établir un modèle théorique complet intégrant un ensemble de prédicteurs (Battin-Pearson et al., 2000; González-Rodríguez et al., 2000; Jimerson, Egeland, Sroufe et Carlson, 2000). Or, ces facteurs ne prédisent pas tous le décrochage avec la même force et des études sont nécessaires pour comprendre leur poids relatif dans cette prédiction.

Jimerson et ses collègues (2000) ont recueilli des données auprès d'enfants à risque entre les âges de six mois et 19 ans afin de cibler les meilleurs prédicteurs du décrochage au cours du développement. Selon ces auteurs, l'environnement familial précoce (i. e., tel que cerné par des indicateurs comme la réactivité émotionnelle et verbale du parent, l'acceptation du comportement de l'enfant, l'organisation de l'environnement, le matériel de jeu disponible, une stimulation variée, etc.) et la qualité des soins donnés au nourrisson (i. e. la sensibilité maternelle, la qualité de l'attachement mère-enfant et la qualité du soutien fourni dans une situation de résolution de problème) sont associés au décrochage à l'âge de 19 ans. Le SSE, le quotient intellectuel, les problèmes de comportement, le rendement scolaire, les relations avec les pairs et l'implication des parents de l'école primaire à l'adolescence seraient également associés au décrochage scolaire. Compte tenu de l'ensemble de facteurs de risque présents tout au long du développement, le décrochage apparaît comme un processus de désengagement vis-à-vis de l'école plutôt qu'un événement unique (Bowers, Sprott, & Taff, 2013). Dès lors, certains indices d'un décrochage futur peuvent être identifiés au fil du développement. Ces indices auront une capacité de prédiction variable et pourront se manifester à différentes périodes du développement. Ainsi, certains prédicteurs seront plus

distaux sur le plan du développement, comme le sexe ou le SSE familial. et d'autres, plus proximaux, comme le rendement académique.

Certaines études se sont penchées sur la modélisation du décrochage scolaire. Prenant acte du fait que plusieurs facteurs de risque contribuent à la probabilité de décrocher, des chercheurs ont proposé un modèle exhaustif pour prédire le décrochage scolaire en intégrant à la fois des facteurs de risque distaux et proximaux (Battin-Pearson et al., 2000; González-Rodríguez et al., 2019). Battin-Pearson et ses collègues (2000) ont ainsi testé cinq modèles théoriques qui évaluent la contribution de la réussite scolaire à la prédiction du décrochage scolaire. D'abord, le premier modèle teste l'hypothèse d'une médiation totale par les résultats scolaires de la relation prédictive entre le décrochage scolaire et divers facteurs de risque. Ensuite, le deuxième modèle testé porte sur la prédiction du décrochage scolaire par la déviance générale ou des aspects spécifiques de la déviance, tels que la délinquance ou la consommation. Il fait l'hypothèse d'une médiation partielle par les résultats scolaires de la relation entre différents types de déviances et le décrochage scolaire. Le troisième modèle teste la prédiction du décrochage scolaire par l'affiliation à des pairs déviants et la médiation partielle de cette relation par les résultats scolaires. Puis, le quatrième modèle teste la prédiction du décrochage scolaire par de faibles attentes parentales et un faible niveau d'éducation des parents, et la médiation partielle de la relation entre les facteurs de socialisation familiale et le décrochage scolaire par les résultats scolaires. Finalement, le cinquième modèle s'intéresse à la prédiction du décrochage scolaire par le genre, l'origine ethnique et le SSE, toujours en postulant une médiation partielle par les résultats scolaires. Au terme de l'étude, Battin-Pearson et ses collègues (2000) ont conclu que, bien que n'expliquant pas par la totalité du phénomène, le modèle le plus performant prédit le décrochage scolaire en considérant la réussite scolaire comme médiateur de contribution de neuf variables, soit les comportements déviants, le faible attachement à l'école, l'affiliation à des pairs déviants, l'implication dans des activités sexuelles, les faibles attentes parentales vis-à-vis de l'éducation, le faible niveau d'éducation des parents, le sexe (masculin), l'ethnie (afro-américaine) et le faible SSE. Ils observent aussi qu'un faible SSE prédit le décrochage scolaire au-delà de la médiation par la réussite scolaire. Ainsi, ces travaux antérieurs montrent que la réussite scolaire est un médiateur de la relation plusieurs prédicteurs et le décrochage

scolaire au secondaire. Toutefois, même le modèle explique une partie importante (53 %) de la variance du décrochage scolaire, d'autres médiateurs potentiels pourraient être explorés.

En outre, bien que plusieurs facteurs de risque du décrochage paraissent plutôt d'origine environnementale, des facteurs propres à l'enfant semblent également contribuer de façon significative au risque de décrochage. Notamment, dans leur recension des écrits, González-Rodríguez et al. (2019) ont identifié 122 caractéristiques individuelles, certaines de nature académique, d'autres pas, qui prédisaient le décrochage scolaire. D'une part, selon les auteurs, sur le plan académique, différentes caractéristiques de l'élève peuvent prédire le décrochage, notamment, le rendement académique, la satisfaction, l'absentéisme, la maturité, le langage, les activités et la mobilité. D'autre part, sur le plan non académique, le sexe, les troubles de santé mentale ou syndromes, les problèmes de santé, la personnalité, les problèmes de comportement, les relations précoces et l'emploi sont des caractéristiques individuelles prédisant le décrochage scolaire.

Dans le même ordre d'idées, la faible réussite scolaire, un des facteurs de risque les plus fortement associés au décrochage scolaire, est à la fois liée à des facteurs environnementaux et propres à l'enfant. En effet, si la réussite scolaire est associée à l'implication parentale, aux pratiques d'enseignement ainsi qu'au statut d'immigrant (Bryce, Bradley, Abry, Swanson, & Thompson, 2018; Lekwa, Reddy, Dudek, & Hua, 2018; Zhang, Savla, & Cheng, 2019), elle l'est également à la motivation (Guay, Ratelle, & Chanal, 2008) et aux habiletés cognitives (Davies et al., 2016), des caractéristiques qui sont nettement plus associées à l'enfant. Plus récemment plusieurs études ont aussi établi un lien entre la réussite scolaire et la génétique de l'enfant (Krapohl et al., 2014; Plomin, & Von Stumm, 2018; Selzam et al., 2017).

### **Étude des facteurs génétiques qui influencent les comportements**

Alors que les prédicteurs étudiés jusqu'à présent n'expliquent pas la totalité du décrochage scolaire, considérer les facteurs génétiques pourrait permettre de mieux comprendre les dispositions individuelles qui augmentent le risque de décrocher. Des avancées récentes dans le domaine de la génétique fournissent des outils pour identifier la

nature des processus impliquant la biologie à l'origine de divers phénomènes complexes relatifs à la scolarité comme le décrochage scolaire et de leurs prédicteurs proximaux. Dans cet ordre d'idées, malgré l'absence de travaux portant spécifiquement sur l'origine génétique du décrochage scolaire, plusieurs études ont documenté le rôle des facteurs de risque d'origine génétique dans la scolarité, notamment en ce qui concerne le niveau de diplomation et la réussite scolaire (Krapohl et al., 2014; Plomin, & Von Stumm, 2018; Pokropek, & Sikora, 2015; Rimfeld, Ayorech, Dale, Kovas, & Plomin, 2016; Selzam et al., 2017)

La présente étude s'inscrit dans la foulée de ces travaux et vise à examiner l'association entre les facteurs génétiques chez l'enfant et le décrochage scolaire. Elle s'appuie sur une littérature riche documentant, depuis plusieurs années, le rôle de la génétique dans la diplomation, une question qui s'arrime naturellement avec celle se rapportant aux facteurs de risque du décrochage scolaire.

### *Études de jumeaux*

Les premières études portant sur l'association entre des facteurs génétiques et la scolarité ont été réalisées à l'aide de devis de jumeaux. Elles ont mis en lumière l'importance des facteurs génétiques dans la prédiction de différents phénotypes relatifs à la scolarité sans, toutefois, identifier les variantes génétiques spécifiques impliquées. Il est à noter que le terme « phénotype » réfère aux caractéristiques physiques et psychologiques d'un individu comme son apparence, ses capacités cognitives et son comportement (Scitable by Nature education, 2014), lesquelles sont présumées être influencées par des facteurs génétiques. Ces études sont typiquement basées sur des échantillons de jumeaux qui varient naturellement selon leur apparentement génétique. En effet, certains jumeaux sont nés d'un même zygote fécondé qui s'est divisé peu après la conception et sont donc identiques sur le plan génétique (i.e., monozygotes), alors que d'autres proviennent de deux zygotes distincts et sont donc non-identiques (i.e., dizygotes). Comme toute fratrie, le degré d'apparentement génétique des jumeaux non-identiques est en moyenne de 50 %. En outre, il est considéré que les effets de l'environnement partagé par les jumeaux comme le milieu familial ou socio-économique, ainsi que de l'environnement unique à chacun des individus comme les amis propres à chacun ne diffèrent pas significativement entre les paires de jumeaux qu'elles soient monozygotes

ou dizygotes. Lorsque les jumeaux monozygotes se ressemblent davantage que les jumeaux dizygotes sur une caractéristique donnée, on peut alors conclure que ce phénotype est influencé dans une certaine mesure par des facteurs génétiques chez les enfants (Schwabe, Janss, & van den Berg, 2017).

Plusieurs études de jumeaux ont d'abord visé à documenter les possibles sources de variations interindividuelles de la réussite scolaire. Les sources de variance d'origine génétique sont substantielles, selon les études de jumeaux. Ainsi, Krapohl et ses collaborateurs (2014) observent que 62 % de la variance des résultats aux examens d'anglais, de mathématiques et de sciences d'adolescents de 16 ans est associée à des facteurs génétiques chez l'individu. Selon la même étude, 26 % de la variance est relié à l'environnement partagé. D'autres études ont obtenu des résultats similaires (Pokropek, & Sikora, 2015; Rimfeld et al. , 2016).

Les études de jumeaux ne mesurent pas directement les facteurs génétiques, mais estiment plutôt indirectement les sources de variance sur la base de l'appariement génétique. Les développements récents en génétique moléculaire permettent de mesurer directement la variation génétique à partir de marqueurs qui présentent une variation significative dans la population. Les études actuelles visent à associer cette variation génétique « mesurée » et des phénotypes d'intérêt chez les individus, notamment sur le plan scolaire.

### ***Génétique moléculaire***

Dans leur tentative d'évaluer l'origine génétique de phénotypes scolaires, les premières études ont ciblé plusieurs gènes candidats, soit des gènes susceptibles d'être associés à certains phénotypes, mais n'ont pas pu expliquer une part significative de la variance. Plus récemment, le génotypage pan-génomique à grand débit a ouvert de nouvelles possibilités qui prennent en compte le caractère fortement polygénique (i. e. lié à plusieurs gènes) des phénotypes complexes. Dès lors, des études d'association pan-génomique (*Genome-wide association studies*, GWAS) ont montré que le niveau de diplomation était associé à de très nombreuses variantes génétiques (Lee et al., 2018; Okbay et al., 2016; Rietveld et al., 2013). Les GWAS permettent de tester l'ensemble des associations entre un

très grand nombre de variantes génétiques à travers le génome d'un individu et un phénotype. Les variantes étudiées dans les GWAS sont des polymorphismes d'un seul nucléotide (*Single nucleotide polymorphisms*, SNP), lesquels sont définis comme les variantes les plus communes du génome humain. Chaque SNP représente une unité sur l'ensemble du segment d'ADN qui varie entre les individus.

Récemment, une série de GWAS de très grande envergure a été réalisée sur le niveau de diplomation, soit le plus haut diplôme obtenu (Lee et al., 2018; Okbay et al., 2016; Rietveld et al., 2013), et a permis d'identifier plusieurs variantes associées au niveau de diplomation auprès d'échantillons de plus en plus grands. Plus la taille de l'échantillon augmente et plus le nombre de variantes génétiques associées significativement au niveau de diplomation augmente aussi. En effet, puisque le nombre de tests statistiques effectués entre chaque variante et le phénotype d'intérêt est très grand, le seuil statistique retenu doit être très élevé (i.e.,  $10^{-8}$ , soit une chance sur un million). Seules les études avec une très grande puissance sur le plan statistique arrivent à détecter un plus grand nombre de ces variantes génétiques.

Ainsi, une première méta-analyse de Rietveld et ses collègues (2013) a été réalisée auprès d'un échantillon total de 126 559 participants regroupant les sujets de 42 études à travers le monde. Trois SNP ont été associés de façon significative au niveau de diplomation. Puis, en augmentant cet échantillon à 405 072 participants, Okbay et ses collègues (2016) ont observé que 74 SNP étaient significativement liés au niveau de diplomation. Finalement, plus récemment, les résultats de la plus grande GWAS effectuée à ce jour, tout phénotype confondu, et impliquant plus d'un million d'individus, ont permis d'identifier 1 271 SNP significativement associés au niveau de diplomation (Lee et al., 2018).

### **Scores polygéniques**

L'identification d'un grand nombre de SNP est difficile et exige un échantillon de très grande taille. De fait, l'effet de chacune des variantes associées au niveau de diplomation est de très petite taille. Cette observation a d'ailleurs été rapportée dans la majorité des GWAS effectuées sur des traits complexes (Social Science Genetic Association Consortium, 2018).



Afin d'optimiser la prédiction d'un phénotype par les SNP, les scores polygéniques (SPG) dérivés de ces GWAS sont utilisés (Purcell et al., 2009). Les SPG représentent la somme pondérée des effets de l'ensemble des SNP associés à un phénotype et permettent donc d'estimer, pour chaque individu, une susceptibilité génétique en ce qui concerne un trait particulier (Purcell et al., 2009). Par conséquent, l'identification d'un plus grand nombre de SNP associés à un trait permet un SPG cumulatif plus précis et augmente, par le fait même, la proportion de variance prédite. À titre d'exemple, 2 %, 3 %, puis 11 % de la variance du niveau de diplomation ont respectivement été expliqués par un SPG dérivé de la première (Rietveld et al., 2013), puis de la seconde (Okbay et al., 2016) et enfin de la troisième (Lee et al., 2018) GWAS sur le niveau de diplomation.

Les SPG peuvent être utilisés comme indicateurs de susceptibilité génétique dans des études effectuées auprès d'échantillons de petite taille en se basant sur la puissance statistique de la GWAS d'origine. Depuis que les résultats de plusieurs GWAS portant sur le niveau de diplomation ont été publiés, de nombreuses études ont testé avec succès la prédiction de divers phénotypes associés au niveau de diplomation à partir des différentes versions de ce SPG (EduYears 1, 2 et 3). Entre autres, les résultats de plusieurs études ont montré que le score EduYears est lié au SSE familial (Belsky et al., 2016; de Zeeuw et al., 2019; Domingue, Belsky, Conley, Harris, & Boardman, 2015). Selon les travaux de Belsky et ses collaborateurs (2016), ce score prédit également le revenu futur, les mobilités sociale et géographique, les apprentissages ainsi que le choix d'un partenaire. Certaines caractéristiques psychologiques telles que l'intelligence, le contrôle de soi et les compétences interpersonnelles agiraient comme médiateurs de cette prédiction. D'ailleurs, les résultats de plusieurs études montrent que le score EduYears est associé à certains traits de personnalité (Möttus, Realo, Vainik, Allik, & Esko, 2017; Smith-Woolley, Selzam, & Plomin, 2019; Zhu, Chen, Moyzis, Dong, & Lin, 2014). En effet, selon Smith-Woolley et ses collaborateurs (2019), le score EduYears prédit l'ouverture à l'expérience, la conscience, l'agréabilité et la motivation académique chez des adolescents de 16 ans. Ce score serait également associé à plusieurs fonctions cognitives (Davies et al., 2016), ainsi qu'à la présence de problèmes émotionnels et comportementaux (Jansen et al., 2018; Krapohl et al., 2016, 2014), d'un

dossier criminel (Wertz et al., 2018) et de symptômes du trouble déficitaire de l'attention (de Zeeuw et al., 2014; Shadrin et al., 2018).

Récemment, une étude a été menée sur les intentions de jeunes adultes britanniques âgés de 18 ans quant à leurs choix de poursuivre leur scolarité ou de débiter une carrière à la suite de la scolarité obligatoire (Ayorech, Plomin, & Stumm, 2019). Ses résultats montrent que la plus récente version du score EduYears (Lee et al., 2018) prédit significativement les intentions des jeunes adultes sur les plans des études ou de l'emploi, notamment 10 % de la variance du choix de poursuivre des études universitaires, de débiter un emploi ou une formation professionnelle ou de ne pas étudier ou travailler à la fin de l'instruction obligatoire. Quoique ces indicateurs sur le choix de carrière à la fin de l'adolescence s'apparentent au décrochage scolaire, Ayorech et ses collaborateurs (2019) ont mesuré l'intention de ne pas poursuivre ses études et non l'interruption des études en soi. De plus, les auteurs s'intéressent à l'interruption des études post-secondaires plutôt qu'au décrochage avant d'avoir obtenu son DES. Il est possible que les conséquences diffèrent selon le moment d'interruption. Ainsi, aucune étude n'a encore spécifiquement évalué si le score EduYears prédit le décrochage scolaire au secondaire.

### **Médiation de l'association entre un score polygénique et le décrochage scolaire**

Différents mécanismes peuvent être évoqués afin de mieux documenter les processus de développement impliqués dans l'association entre le risque génétique et le décrochage scolaire. En effet, les variantes génétiques sont nécessairement associées à la diplomation de façon indirecte par le biais de différents mécanismes. Par exemple, les SNP deviennent associés vraisemblablement à la diplomation par l'intermédiaire des protéines qui influencent le développement notamment du cerveau et, plus particulièrement, la communication entre neurones. Cette contribution au développement cérébral pourrait se traduire par certaines habiletés cognitives ou des traits de personnalité qui, à terme, auraient un effet sur le niveau de diplomation (Social Science Genetic Association Consortium, 2018). Ainsi, tout comme pour le niveau de diplomation, la relation entre les variantes génétiques et le décrochage scolaire pourrait s'expliquer par un lien entre les gènes, les traits et les comportements.

À cet effet, plusieurs prédicteurs du décrochage scolaire pourraient agir à titre de médiateurs dans l'association entre les variantes génétiques et le décrochage. Sur le plan scolaire, les prédicteurs significatifs du décrochage scolaire, soit la réussite scolaire, le redoublement et l'engagement comportemental envers l'école pourraient agir à titre de médiateurs dans la relation potentielle entre un SPG associé au niveau de diplomation et le décrochage scolaire. En effet, cette médiation est plausible sachant que la réussite scolaire et l'engagement comportemental envers l'école sont des traits partiellement héréditaires (Krapohl et al., 2014; Maynard et al., 2014; Plomin, & Von Stumm, 2018; Selzam et al., 2017) et que la réussite scolaire prédit le redoublement (McCoy et Reynolds, 1999). Dès lors, la présente étude examine cette médiation.

### **Objectifs et hypothèses**

L'objectif général de la présente étude longitudinale est d'évaluer dans quelle mesure le SPG quant au niveau de diplomation (Lee et ses collègues, 2018), soit le score EduYears3 (EY3), prédit le décrochage scolaire et ses facteurs de risque plus immédiats, soit les résultats, le parcours et l'engagement scolaires. Cet objectif se décline en deux objectifs spécifiques. Premièrement, l'étude vise à évaluer si et dans quelle mesure EY3 prédit le décrochage scolaire. L'hypothèse est que EY3 prédit négativement le décrochage scolaire; les individus qui ont un SPG plus élevé seront moins susceptibles de décrocher et vice-versa. Deuxièmement, l'étude s'intéresse aux mécanismes qui sous-tendent cette prédiction en documentant, d'une part, les possibles associations entre EY3 et les trois facteurs de risque du décrochage les plus importants, selon la littérature, soit de faibles résultats scolaires, un parcours scolaire retardé comparativement au parcours attendu ainsi qu'un faible engagement scolaire, et, d'autre part, le rôle médiateur de ces dimensions quant à l'association présumée entre EY3 et le décrochage scolaire. La variable du parcours scolaire prend en considération à la fois le fait d'avoir redoublé une année scolaire et le nombre d'années redoublées, deux prédicteurs du décrochage scolaire. L'hypothèse principale est que EY3 prédit positivement les résultats scolaires et l'engagement scolaire et, négativement, le redoublement ou, ici, le parcours scolaire. De plus, la relation entre EY3 et le décrochage scolaire devrait s'expliquer par ces trois médiateurs qui devraient aussi être fortement corrélés avec le décrochage scolaire (voir figure 1 pour une illustration du modèle) parce qu'ils témoignent d'un ensemble

de compétences cognitives, motivationnelles et sociales de l'individu, lesquelles sont étroitement liées au risque de décrocher (Archambault et al., 2009; Bedrossian, 2017; Bowers et al., 2013; Cairns et al., 1989; Janosz et al., 1997; Ripple & Luthar, 2000; Wood et al., 2017).

# **Chapitre 1 : Predicting higschool dropout from a polygenic score for educational attainment and investigating possible mediating variables**

## **Abbreviated title**

Polygenic score and high school dropout

## **Authors**

Camille Brochu-Hamel<sup>1</sup>, Geneviève Morneau-Vaillancourt<sup>1</sup>, Hélène Paradis<sup>1</sup>, Till F. M. Andlauer<sup>2</sup>, Isabelle Ouellet-Morin<sup>3</sup>, Stéphane Paquin<sup>4</sup>, Stéphanie Langevin<sup>5</sup> Mara Brendgen<sup>6</sup>, Frank Vitaro<sup>7</sup>, Jean-Philippe Gouin<sup>8</sup>, Jean Séguin<sup>9</sup>, Richard Tremblay<sup>10</sup>, Sylvana Côté<sup>11</sup>, Ginette Dionne<sup>1</sup>, & Michel Boivin<sup>1</sup>

## **Authors' affiliations**

<sup>1</sup>École de psychologie, Université Laval, Canada

<sup>2</sup>Department of Neurology, Technical University of Munich, Germany

<sup>3</sup>École de criminologie, Université de Montréal, Canada

<sup>4</sup>Department of Psychology, The Pennsylvania State University, United States

<sup>5</sup>Department of Psychology and Neuroscience, Duke University, United States

<sup>6</sup>Département de psychologie, Université du Québec à Montréal, Canada

<sup>7</sup>École de psychoéducation, Université de Montréal, Canada

<sup>8</sup>Department of Psychology, Concordia University, Canada

<sup>9</sup>Département de psychiatrie et d'addictologie, Université de Montréal, Canada

<sup>10</sup>Départements de pédiatrie et de psychologie, Université de Montréal, Canada

<sup>11</sup>Département de médecine sociale et préventive, Université de Montréal, Canada

## **Résumé**

Des facteurs génétiques contribuent à l'explication des différences individuelles quant au niveau de diplomation, mais les processus par lesquels ces facteurs prédisent le décrochage sont méconnus. Nous avons examiné comment le score polygénique (SPG) du niveau de diplomation prédit le décrochage scolaire au secondaire via des facteurs individuels liés au décrochage, soit la réussite scolaire, le redoublement et l'engagement scolaire comportemental. Des données auto-rapportées par 674 participants génotypés à 15 et 19 ans ont été utilisées. Un SPG pour le niveau de diplomation a été calculé à partir des résultats d'association pangénomique. Par un modèle d'équations structurelles de médiation, nous avons trouvé une trajectoire indirecte du SPG au décrochage via la réussite scolaire et le désengagement scolaire comportemental. Ces résultats suggèrent que ce SPG prédit le décrochage à 19 ans, mais que cette association est entièrement expliquée par la réussite scolaire et le désengagement scolaire comportemental à 15 ans.

## **Mots-clés**

Décrochage scolaire, réussite scolaire, redoublement, engagement scolaire, score polygénique.

## **Abstract**

Genetic factors play a significant role in explaining individual differences in educational attainment but the processes through which these predict high school dropout are unclear. We examined how a polygenic score (PGS) for educational attainment predicts high school dropout via individual dispositions linked to dropout, that is school achievement, grade retention and behavioral school engagement. Self-reported data from 674 genotyped participants at 15 and 19 years old was used. A PGS for education level was calculated from available genome-wide association results. Using a structural equation mediation model, we found indirect paths from the PGS to high school dropout via both school achievement and behavioral school disengagement. The results suggest that a PGS for educational attainment predicts high school dropout at 19 years old, but that this predictive association is entirely explained by school achievement and behavioral school disengagement at 15 years old.

## **Keywords**

High school dropout, school achievement, grade progress, school engagement, polygenic scores.

## **Predicting school dropout from a polygenic score for educational attainment and investigating possible mediating variables**

Individuals who drop out of high school before getting their diploma are more likely to have disadvantageous employment opportunities and income, to suffer from physical and mental health problems, and to be involved in criminal activity (Lansford, Dodge, Pettit, & Bates, 2016; Muennig, Fiscella, Tancredi, & Franks, 2010; Statistics Canada, 2017, 2019; Vaughn, Salas-Wright, & Maynard, 2014). Two criteria must be fulfilled for an individual to be considered a “dropout”, i.e. (a) not holding a high school diploma and (b) not attending the school system at a given point in time (Bouchard et al., 1991; Ducharme, 2003; Lamb, & Markussen, 2011; United States Census Bureau, 2019). The term “dropout” is mainly used in North America, but, elsewhere, similar concepts, such as “early school leaving” or “not in education, employment or training (NEET)” have also been used. Lamb and Markussen (2011) compared the operational definitions of the term “dropout” typically used by researchers from 13 industrialized countries, and underlined that all definitions portrayed an individual who did not hold any upper secondary qualification and who was no longer in school.

According to Statistics Canada (2017), in 2016, 340 000 Canadians between 25 and 34 years old, i. e., 8.5 % of men and 5.4 % of women did not graduate from high school. In the United States, according to the United States Census Bureau, in 2018, 6.0 % of 18-to-24-year-olds had dropped out of high school (Bauman & Cranney, 2020). Given the negative outcomes associated with high school dropout, the dropout rates are associated with important social costs in the form of fewer taxes collected as well as increased health, public assistance and criminal activity expenditures (Rumberger, 2020). Understanding the mechanisms underlying high school dropout is thus a priority to optimize prevention efforts with the goal of reducing personal and social disadvantage, and costs. By better understanding how genetics influence certain phenotypes that precede high school dropout, the school system can be modified to be better adapted to the needs of students. The present study could also contribute to improving current models of high school dropout by integrating the contribution of genetic factors.



Studies have identified multiple personal and environment risk factors associated with high school dropout. Among the strongest predictors of high school dropout are school achievement, grade retention (i. e., having repeated a school year) and school disengagement (Archambault et al., 2009; Bedrossian, 2017; Cairns, Cairns, & Neckerman, 1989; Janosz et al., 1997; Jimerson et al., 2002; Wood et al., 2017). For instance, students who do less well academically are more likely to drop out of high school (Cairns et al., 1989; Wood et al., 2017). Wood and colleagues (2017) showed that low test scores in mathematics and reading predicted high school dropout. Individuals with lower perceived academic competence also tended to drop out more often than their more confident counterparts (Bedrossian, 2017; Janosz et al., 1997).

A systematic review of 17 studies conducted between 1972 and 1999 showed that grade retention was one of the strongest predictors of high school dropout (Jimerson et al., 2002). The number of years behind in schooling as reported by parents (Wood et al., 2017) or as self-reported (Janosz et al., 1997) was found to predict high school dropout. Grade retention is, as expected, associated with low school achievement (McCoy & Reynolds, 1999), but uniquely adds to the risk of dropping out of school (Wood et al., 2017).

The evidence regarding school disengagement is more ambiguous because this concept is multifaceted and operationalized in various ways across studies. Indeed, according to a literature review by Libbey (2004), the concept of school engagement has been characterized using multiple terms, such as (low) school attachment (Gottfredson, Fink, & Graham, 1994; Mouton, Hawkins, McPherson, & Copley, 1996), bonding (Jenkins, 1997), connectedness (Resnick, 1997), commitment (Janosz et al., 1997) or involvement (Caspi, Wright, Moffitt, & Silva, 1998). Despite the ambiguous nature of the label, there are two common elements to all analog definitions of school disengagement which entails (1) both behavioral and motivational aspects, and (2) a development process whereby school disengagement evolves throughout the school trajectory (Archambault et al., 2009). Archambault and colleagues (2009) proposed and tested a three-dimensional construct of “school engagement” that included a behavioral (i.e., student behaviors that hinders school achievement and psychosocial adjustment), a cognitive (i.e., student psychological

investment in learning and the use of self-regulation strategies), and an affective (i.e., feelings, interests, perceptions, and attitudes associated with school-related issues) components. They showed that such a measure of self-reported disengagement towards school reliably predicted high school dropout, but mainly through the behavioral dimension. In summary, low school achievement, grade retention and behavioral school disengagement towards school strongly predict high school dropout. However, as these three factors are correlated (Archambault et al., 2009; McCoy & Reynolds, 1999; Sciarra & Seirup, 2008), it is not clear that they contribute uniquely to the prediction of high school dropout.

High school dropout is the result of a developmental process rather than a one-off event (Jimerson et al., 2000). The identification of the three “proximal” risk factors for dropping out of high school is a first step in documenting this process, but little is known about the developmental mechanisms underlying their emergence as risk factors. Given the developmental and multifaceted nature of these proximal risk factors, some have proposed more comprehensive models to predict high school dropout (Battin-Pearson et al., 2000; González-Rodríguez et al., 2019) using distal and proximal risk factors. Among these more distal or earlier factors are sex and socioeconomic status (SES). Indeed, males are at greater risk of dropping out of high school than their female counterparts (Rumberger & Lim, 2008). Teenagers born to families of a lower SES are also more likely to drop out (Cairns et al., 1989; Janosz et al., 1997; Marjoribanks, 2002; Wood et al., 2017). According to Battin-Pearson and colleagues (2000), school achievement acts as a partial mediator of a host of earlier risk factors of high school dropout, such as low early school bonding, low parental education, male sex, and low SES. Therefore, previous findings suggest multiple pathways to high school dropout, including pathways involving mediation through school achievement.

Current theoretical models of high school dropout only explain part of the phenomenon, and other early risk factors or mediating variables, including family factors, may be involved. Specifically, individual risk factors such as low school engagement could result from family environmental influences, but they could also partly originate from some form of biological risk nested in families. Indeed, most of the current models of school dropout neglect the personal, biological risk factors that may also be involved. Therefore, it

becomes crucially important to disentangle those different sources of potential influence to better understand the development mechanisms involved. For instance, there is a significant body of research indicating that genetic factors partly account for individual differences in school achievement and attainment. School achievement is indeed substantially heritable (58 %-88 %) (Krapohl et al., 2014; Pokropek & Sikora, 2015; Rimfeld et al., 2018), that is, a significant proportion of individual differences in educational outcomes is accounted for by genetic factors. For instance, several twin studies have indeed shown that a large portion of the variance in school grade achievement as measured by teacher ratings or actual national exam results is attributable to genetic factors (Carpentier et al., in preparation; Krapohl et al., 2014; Pokropek & Sikora, 2015; Rimfeld et al., 2018), even after controlling for intelligence (Rimfeld et al., 2018). Genetic factors also largely explain the stability of educational achievement across school years (Rimfeld et al., 2018), the latter being known as an important precursor to high school dropout.

To better understand the mechanisms leading to high school dropout, it is necessary to consider the extent to which and how a variety of putative environmental and genetic factors may play a significant role in increasing risk for dropping out. Yet, as twin studies are limited in their identification of specific genetic markers at play, recent genome-wide association studies (GWAS) have uncovered specific genetic markers associated with educational attainment (Lee et al., 2018; Okbay et al., 2016; Rietveld et al., 2013). GWASs allow testing the associations between many genetic variants across the genome and a phenotype (i. e., educational attainment), and results can be used to derive individual-specific polygenic scores (PGSs). In 2018, the largest GWAS on educational attainment carried out to this day (involving more than a million individuals) identified 1 271 genetic variants, or single nucleotide polymorphisms (SNPs), significantly associated with educational attainment which, together, explained 11 % of the variance in educational attainment (Lee et al., 2018).

This PGS reliably predicts robust indicators of school performance, such as family SES (Belsky et al., 2016; de Zeeuw et al., 2019; Domingue et al., 2015) and educational achievement (Lee et al., 2018; Selzam et al., 2017). As educational achievement and

behavioral school engagement are also partly heritable (Krapohl & Plomin, 2016; Krapohl et al., 2014; Maynard et al., 2014; Plomin & Von Stumm, 2018; Selzam et al., 2017), the PGS for educational attainment could predict these risk factors associated with high school dropout. However, no study has yet examined these associations, so it is unknown whether a PGS for educational attainment predicts high school dropout via these earlier risk factors. Better identifying the underlying mechanisms of high school dropout, including the pathways through which a genetic vulnerability leads to dropout, could impact risk assessment, and eventually enhance personalized intervention.

The goals of the present study were to examine the extent to which (1) the PGS for educational attainment (EduYears3 PGS, EY3) predicts high school dropout at 19 years old, and (2) whether this association is mediated by known risk factors, specifically school achievement, grade progress and behavioral school disengagement, assessed at age 15 years. The first hypothesis was that EY3 negatively predicts high school dropout; individuals with a higher PGS will be less likely to dropout and vice versa. The second hypothesis was that low school achievement, delayed grade progress, and low school engagement (i.e., disengagement) explains, in part or in totality, the association between EY3 and high school dropout.

## **Method**

### **Sample**

The present study was based on data collected from the Quebec Longitudinal Study of Child Development (QLSCD), a population-based prospective longitudinal study (Orri et al., 2021). Data was collected longitudinally on 2 120 participants representative of infants born to mothers residing in the Province of Quebec in 1997 and 1998 (singleton, excluding premature babies), apart from those living in the following regions: Northern Quebec, Nunavik, and the James Bay Cree lands (2.2 % of births). Recruitment and sampling procedures are described in more details elsewhere (Orri et al., 2021).

When participants were approximately 10 years old, biological samples (i. e. blood or saliva)<sup>1</sup> were collected, and 992 participants from QLSCD were genotyped through Illumina PsychArray-24 v1.3 Beadchip at Genome Quebec, Montréal, Canada. Quality control and imputation were conducted using the 1 000 Genomes Phase 3 reference panel. The first ten ancestry components were calculated and used as covariates in the analyses to control for population stratification and genetic outliers (see Morneau-Vaillancourt et al., 2021 for more details on genotyping, quality control and imputation). After quality control and imputation, 816 genotyped participants remained. Among them, relevant phenotypic data were available for 768 participants (36.2 % of initial sample; 55.5 % girls).

### **Ethical Considerations**

The project was approved by ethics review boards at Université Laval, Quebec City, and at Université de Montréal and Ste-Justine Hospital, Montréal. Informed consent was obtained.

### **Measures**

#### ***School Dropout***

High school dropout was measured using data collected from mid-February to the beginning of June 2017, i. e. when participants were about 19 years old. In Quebec, when they have neither repeated nor skipped a school year, students graduate from high school at around 16 or 17 years old depending on their month of birth. That left a two-year interval between expected graduation and data collection, so that participants who would momentarily dropout and then return to school would not be considered as enduring dropouts. School dropout was measured using answers to two questions regarding high school graduation and school attendance. First, participants were considered not to hold a diploma if they answered negatively the question: “Did you obtain a high school diploma?”. At the time of data collection, 544 (70.8 %) of participants held a high school diploma, while 130 (16.9 %) had not graduated (graduation is expected between ages 16 and 17 years in Quebec). This last group also included 14 individuals who did not receive their high school diploma,

---

<sup>1</sup> Even though it yields less DNA than a blood sample, a saliva sample provides adequate genotyping quality, and is more convenient. (Hu et al., 2012)

but who had a professional studies diploma or attestation. However, when these “gray” status individuals were excluded from the dropout group, the results were like those when they were included (see Supporting information). Accordingly, in agreement with the Education Ministry of Quebec (Ducharme, 2003), and because a high school diploma is essential to pursue post-secondary studies, the decision was to include them in the dropout group. Second, a participant was considered as not attending school if he or she answered negatively the following question: “Are you currently attending a school or educational institution?” At the time of data collection, 521 (67.8 %) participants for whom data was available at 19 years old attended an educational institution, while 153 (19.9 %) did not. Overall, 58 (7.6 %) participants had dropped out of high school, i.e., they had not obtained a high school diploma and were not enrolled in school. The descriptive statistics are presented in Table 1.

### ***School Achievement, Grade Progress and Behavioral School Disengagement***

School achievement, grade progress and behavioral school disengagement were assessed via an online survey at age 15 years, that is, four years before the outcome measure and just before the end of compulsory education in Quebec (which is around 16 years old). Participants reported their overall school achievement in the preceding school year, in percentages, by answering the following question: “During this school year, what has been your average mark overall (all subjects combined)?” According to the results of a meta-analysis conducted with 37 independent samples including 60 926 participants, self-reported grades are highly correlated ( $r = .82$ ) with student’s actual grades (i.e., high school grade point average -GPA; Kuncel, Credé, & Thomas, 2005). In the present study, the participants estimated their school achievement at 76.7% on average ( $SD = 9.9$ ) at age 15 years.

Regarding progress in the school curriculum, participants reported their current grade in high school. Grade retention is usually defined as having repeated one or more school grades. However, to more fully account for the various school trajectories, including skipping grades, a more extensive and qualified measure was considered here. Grade progress was defined as the difference between an individual’s present grade and the expected grade (9<sup>th</sup> grade for all QLSCD children), including having repeated or skipped one or more grades. Most students attended the expected grade; in other words, they did not repeat nor skip a

school year. Grade progress was measured using a scale from -2 to 2; students who were attributed a 0 were those studying at the expected grade. Those whose progress was delayed or advanced were assigned a score reflecting their distance to the expected grade measured in terms of standard deviation. For example, 69 participants were assigned a score of -1 since the grade at which they studied was located at a distance of one standard deviation or less of the expected grade. At age 15 years, 79.4 % of the sample was attending the expected grade or a grade above (45.2 % of girls and 34.2 % of boys), with participants presenting an average delay of .15 standard deviation compared to the regular course.

Behavioral school disengagement was assessed based on the measure proposed by Archambault and colleagues (2009; see also Janosz et al., 2000, 1997). Behavioral school disengagement was defined as behaviors reflecting school truancy and disruptiveness. Behavioral school disengagement had been shown to uniquely predict school dropout over and above cognitive and affective disengagement (Archambault et al., 2009). Accordingly, participants answered four questions about school truancy and disruptiveness, using a four-point Likert scale (1 = never, 2 = one or two times, 3 = many times and 4 = very often): (1) “This year, how many times did you miss school without a valid excuse?”, (2) “This year, how many times did you miss class while you were at school?”, (3) “This year, how many times did you disturb class on purpose?” and (4) “This year, how many times have you been impolite to the teacher?”. A score of school disengagement was computed by averaging the answers to these four questions. The Cronbach’s alpha coefficient for the behavioral school disengagement scale was .72. At 15 years old, participants reported in average, 1.46 behavior of disengagement toward school with a standard deviation of .53.

### ***Polygenic Score Calculation***

The part of a phenotype attributable to genetic can be assessed with polygenic risk scores (PRS), which compile the effects of genome-wide markers. The PGS for educational attainment (EY3) was derived from Lee et al. (2018). It was calculated for participants of European ancestry using a Bayesian regression framework inferring posterior SNP effect sizes by placing a continuous shrinkage prior on SNP weights (Ge et al., 2019), PRS-CS. According to previous work, when it comes to PGS prediction, PRS-CS is a method that

outperforms other methods (Ni et al., 2021), such as linkage disequilibrium [LD] clumping followed by p-value thresholding (Ge, Chen, Ni, Feng, & Smoller, 2019). This method infers SNP weights using an external LD reference panel and genome-wide association study summary statistics. In the present study, since educational attainment is a highly polygenic trait, the global shrinkage parameter  $\phi$  was fixed to .01, as suggested by Ge et al. (2019). Subsequently, PGS were calculated using imputed dosage data in PLINK 1.9 and the PRS-CS adjusted summary statistics. To control for population stratification and aberrant genetic data, the 10 first ancestry components were calculated and used as covariates in the analyses.

### ***Control variables***

Sex and SES were used as control variables. When the participants were five months old, the level of education of the person most knowledgeable about the child (PMK), who was the biological mother for most participants (99.7 %) (Desrosiers, 2000), and his/her spouse, if applicable, the occupational prestige score of the PMK and spouse, and the gross income of the household were assessed. The level of education was measured as the highest diploma using a 7-point self-report scale ranging from 1 (no high school diploma) to 7 (university degree). To assess the occupational prestige score, occupations have been grouped into 16 categories according to the Pineo Socioeconomic Classification of Occupations for the Census (1985). Regarding household income, it was measured using a scale from 1 to 9 (1 = “less than 10 000\$” to 9 = “more than 80 000\$”). Based on the method developed by Willms and Shields (1996), these variables were used to compute a SES index. Because of the calculation method, the SES index tends to be lower for single-parent families compared to other types of families since their household income is generally lower. The child’s sex was also measured (0 = boy, 1 = girl).

### **Analyses**

We conducted descriptive and preliminary analysis using the statistical software SPSS 26 while we tested the main hypotheses with Mplus (Version 8) (Muthén & Muthén, 2017). First, we standardized the continuous variables (i. e., EY3, school achievement, grade progress and school disengagement) with means at 0 and standard deviations at 1. Then, we calculated means and standard deviations to describe the rate of school dropout, academic



achievement, behavioral school disengagement and grade progress, and we performed correlation analysis to assess the associations between all variables.

To examine the predicted pattern of associations between EY3, school dropout, school achievement, grade progress and behavioral school disengagement, we used an integrated path analysis approach through structural equation modeling. The proposed model was that the EY3 would significantly predict school dropout over and above sex and SES, and, indirectly, through its contribution to the three proposed mediators, (i. e. school achievement, grade progress and behavioral school disengagement), which were expected to significantly predict school dropout. Therefore, the association between three early predictors (i. e. EY3, SES and sex) and the outcome of interest, that is high school dropout, was tested. The association between those three early predictors and the three proposed mediators, as well as the association between the latter and high school dropout were also tested (see Figure 1 for an illustration of the model). The full information maximum likelihood (FIML) method, which is the recommended method to process missing data (Enders, 2010), was used to consider missing data. Data were mainly missing because of attrition and participant's refusal to provide biological samples.

Based on the writings of Kline (2010), and McDonald and Ho (2002), we used the chi-square goodness-of-fit statistic, root mean square error of approximation (RMSEA), comparative fit index (CFI), and standardized root mean square residual (SRMR) to test the fit of the model. It is common for models with large samples to have significant chi-square statistic. Therefore, this index was given less value. According to Hu and Bentler (1999), and Kline (2010) a good fit to the data is shown by a CFI value greater than .90 and an RMSEA value less than .06.

Given the dichotomous nature of school dropout, the main outcome, we used the weighted least squares mean and variance adjusted estimation (WLSMV), which, by not assuming a normal distribution of variables, is the ideal technique for modeling binary outcomes (Muthén & Muthén, 2012). Because of the nonlinearity of the relation with school dropout, i. e. a binary outcome, results cannot be interpreted in the form of percentages of

variance explained so, estimated coefficients were converted to probabilities (Brown, 2006; Muthén & Muthén, 2009). We used formulas developed by Muthén and Muthén (2009) to calculate the probability of dropping out of high school for direct and indirect effects. The formula for the probability (P) of a direct effect was  $P(dropout = 1|X_1) = 1 - \varphi \left[ \frac{(\tau - \lambda_1 X_1)}{\sqrt{\theta}} \right]$ , where  $X_1$  is the value of the given EY3 PGS predictor,  $\varphi$  is the normal distribution function,  $\tau$  is the threshold of the model,  $\lambda_1$  is the regression coefficient between the given EY3 predictor and dropping out of high school, and  $\theta$  is the residual value of high school dropout. For each mediator, the formula for the probability of an indirect effect was  $P(dropout = 1|X_1, X_2) = 1 - \varphi \left[ \frac{(\tau - \lambda_1 X_1 - \lambda_2 X_2)}{\sqrt{\theta}} \right]$ , where  $X_2$  is the value of the mediator (academic achievement, grade progress and behavioral school engagement) and  $\lambda_2$  is the regression coefficient between the mediator and high school dropout.

## Results

### Preliminary Analyses

#### *Differences between sexes*

Boys dropped out significantly more than girls (3.4 % girls and 4.2 % boys),  $\chi_2(1) = 4.64, p < .05$ . Girls reported significantly higher school achievement ( $M = 78.0, SD = 8.7$ ) than boys ( $M = 75.5, SD = 11.0$ ),  $t(705) = -4.08, p < .001$ . There was no significant difference between sexes when it came to grade progress or behavioral school disengagement.

#### *Correlations*

Table 2 presents the correlations between the variables of interest. As expected, EY3 was negatively correlated with school dropout ( $r = -.17^{**}$ ), as well as with all other variables, most notably family SES ( $r = .34^{***}$ ), overall academic average ( $r = .27^{***}$ ), behavioral school disengagement ( $r = -.18^{***}$ ), and grade progress ( $r = .14^{***}$ ), excluding sex. As indicated earlier, sex was only correlated significantly with overall academic average and school dropout. SES was significantly associated in the expected direction with the three proposed early risk factors (i. e. overall academic achievement, grade

progress and behavioral school disengagement) and with high school dropout. Finally, the three proposed early risk factors all correlated with each other and with high school dropout.

### **The mediational role of academic achievement, grade progress and behavioral school disengagement in the relation between EY3 and high school dropout**

We performed a path analysis to examine specific paths between EY3, academic achievement, behavioral school engagement, grade progress and high school dropout (see Figure 1). The model had a good fit:  $\chi^2(2) = .786, p = .68$ ,  $RMSEA = .00$ , 90 %,  $CI (.00 \text{ to } .05)$ ,  $CFI = 1.0$  and explained 50 % of the variance in school dropout.

Once the mediators were included in the model, there was no direct path between EY3 and school dropout. SES negatively predicted high school dropout ( $B = -.36, p = .00$ ), while the predictive association between sex and high school dropout was not significant, once other variables were included in the model. After controlling for SES and sex, EY3 positively predicted academic achievement ( $B = -.17, p = .00$ ), and negatively predicted behavioral school disengagement ( $B = -.11, p = .01$ ). However, it did not predict grade progress ( $B = .02, p = .28$ ). In the proposed model, SES was treated as a control variable and did not significantly moderate the direct and indirect predictive associations between EY3 and high school dropout, i. e., we found no interaction effect. Nor were there any interaction between EY3 and sex. Further, academic achievement ( $B = -.12, p = .01$ ) and grade progress ( $B = -.51, p = .00$ ) negatively predicted high school dropout, while school disengagement positively predicted high school dropout ( $B = .22, p = .00$ ).

To deepen our comprehension of the results regarding the mediation of the relation between EY3 and school dropout by academic achievement and behavioral school disengagement, we calculated the probability of dropping out (Muthén & Muthén, 2012). Probabilities were calculated using estimates of mean levels, or at one standard-deviation over or under the average (see Thibodeault, Lavoie, Hébert, & Blais, 2017; Vaillancourt-Morel, Dugal, Poirier Stewart, Godbout, Sabourin, Lussier, & Brière, 2015). First, regarding the indirect effect of EY3 on high school dropout via academic achievement, when controlling for sex and SES, the probability of dropping out of high school for average levels

of both EY3 and academic achievement was 3.5 %. For a fixed low level of EY3, the probability of dropping out decreased from 2.96 % to 1.30 % (i. e., 1.66 percentage point), with an increase of academic achievement from a low (i. e., one standard deviation below the mean) to high (i. e., one standard deviation above the mean) level. Second, regarding the indirect effect of EY3 on high school dropout via behavioral school engagement, for a fixed average level of EY3, the probability of dropping out of high school decreased from 6.69 % to 1.68 % with a decrease of behavioral school disengagement (i. e. an increase of school behavioral engagement) from a high to low level. Thus, for a fixed average level of EY3, the probability of dropping out increase when academic achievement and school engagement decrease.

Finally, we also used probabilities to facilitate our interpretation of the relation between high school dropout and grade progress. Since grade progress was not a mediator of the relationship between EY3 and high school dropout, only the direct path from grade progress to dropout was investigated. The probability of dropping out of high school for an average grade progress was 3.5 %. This probability decreased to .58 % when the grade progress was advanced and increased to 13.6 % when the grade progress was delayed.

## **Discussion**

The goal of the present study was to estimate the role of, EY3, a PGS on educational attainment derived from the most important GWAS conducted to this day, on high school dropout (Lee et al., 2018). To this end, we used data from the QLSCD. Firstly, the study aimed at documenting the degree of association between EY3, and high school dropout and its more immediate risk factors (i. e., low school achievement, a delayed grade progress and low school engagement). Secondly, the study aimed at testing a development model in which this genetic propensity score represents an early risk factor which indirectly predicts high school dropout via (i. e. mediation) its predictive associations with school achievement, grade progress and behavioral disengagement. Through path analysis controlling for SES and sex, EY3 was indeed found to predict high school dropout via school achievement and behavioral disengagement, but not grade retention. These results confirm the utility of genetics in

understanding the risk factors associated with high school dropout. Therefore, the present study contributes to the advancement of knowledge in many ways.

The results of the present study confirm the contribution of many risk factors both proximal and distal to high school dropout. Not only does SES, sex and the proposed mediating variables (i. e. overall school achievement, grade progress and behavioral school disengagement) were moderately associated with high school dropout (the absolute value of  $r$  varying from .17 to .39), as shown by previous studies (Archambault et al., 2009; Bedrossian, 2017; Janosz et al., 1997; Jimerson et al., 2002; Marjoribanks, 2002; Rumberger & Lim, 2008; Wood et al., 2017), but genetic factors also seemed to play a significant role in predicting high school dropout. More precisely, EY3 was significantly associated with high school dropout ( $r = -.17$ ), as well as with the three proposed mediating variables ( $r$  varying from .14 to .27), with the correlation between EY3 and school achievement being the strongest ( $r = .27$ ), although of moderate size. Even though the link between genetics and educational achievement and school engagement had already been documented (Krapohl et al., 2014; Lee et al., 2018; Maynard et al., 2014; Plomin & Von Stumm, 2018; Selzam et al., 2017), the association between grade progress and genes had yet to be explored, which we did. As expected, the three early risk factors were also associated with each other (the absolute value of  $r$  varying from .23 to .35). In line with the initial hypotheses, SES was also significantly associated with high school dropout ( $r = -.28$ ), as well as with the proposed mediating variables and EY3 ( $r = .34$ ). There was little difference between males and females, except for high school dropout and school achievement, which was expected.

Even though EY3 did not directly predict high school dropout, EY3 predicted educational achievement and behavioral school disengagement, offering further support to existing evidence of the heritability of educational achievement and school engagement (Krapohl et al., 2014; Maynard et al., 2014; Plomin & Von Stumm, 2018; Selzam et al., 2017). After controlling for academic achievement and behavioral school disengagement, EY3 did not predict grade progress, contrary to our initial hypotheses. It is possible that the relation between genetics and grade progress was entirely explained by the link between the later and educational achievement, a strong predictor of grade retention (McCoy & Reynolds,

1999). Moreover, as we expected, academic achievement, grade progress and school disengagement predicted high school dropout. Those risk factors can be linked to a set of an individual's cognitive, motivational and social competences which are closely related to the risk of dropping out (Archambault et al., 2009; Bedrossian, 2017; Bowers et al., 2013; Cairns et al., 1989; Janosz et al., 1997; Ripple & Luthar, 2000; Wood et al., 2017). Therefore, lower grades, a delayed grade progress compared to the regular course and more behaviors of disengagement towards school predicted high school dropout. Even after controlling for genetic risk, academic achievement and behavioral school disengagement, grade progress remained the best predictor of high school dropout. Thus, further research should aim at documenting other factors relating to grade progress, such as peer victimization that could account for its relationship to high school dropout (Connolly, Kavish, & Cooke, 2018; Crothers et al., 2010).

In line with our hypotheses, we found two indirect pathways from EY3 to high school dropout via academic achievement and behavioral school disengagement, indicating that the prediction of high school dropout by EY3 was entirely explained by these mediating variables. These findings support previous studies showing that academic achievement could mediate the relationship between early risk factors and high school dropout (Battin-Pearson et al., 2000). In contrast, since EY3 did not predict grade progress beyond its contributions to academic achievement and behavioral school disengagement, it does not act as a mediating variable in the relationship between the PGS and high school dropout. However, more studies are necessary to assess if other genetic factors have a direct effect of grade progress.

One of the major contributions of the present study is to be the first to show the genetic vulnerability of an individual to drop out of high school or, in other terms, to show genetics as an early risk factor of high school dropout, by testing the prediction of high school dropout by EY3. We bring a complementary view by investigating how EY3, a PGS, which has only been associated with positive outcomes until now, can predict school dropout, an outcome with negative consequences. Therefore, the present study adds to the existing theoretical model of high school dropout (Battin-Pearson et al., 2000; González-Rodríguez et al., 2019)

by investigating the origin of the association between high school dropout and some of its late risk factors, i. e., educational achievement and behavioral school disengagement.

We found a significant association between SES and EY3 suggesting that the SES is also potentially influenced by genetic factors, and thus indicate the presence of a gene-environment correlation. This result is consistent with prior studies (Belsky et al., 2016; de Zeeuw et al., 2019; Domingue et al., 2015). Parents both transmit their genes to their child and provide the environment in which he or she grows up. It seems like a passive gene-environment correlation exists since SES, which is a genetically influenced phenotype in parents, becomes a part of the child's environment. Parents could pass on a genetic risk for a lower SES suggesting a possible intergenerational transmission of a susceptibility to lower SES (Belsky et al., 2016). Therefore, genetic factors influencing a lower SES in children later in life could contribute to their risk of dropping out of high school since SES is also associated with high school dropout. However, EY3 and SES each had a unique contribution to the mechanisms underlying high school dropout. Therefore, in line with prior research on early risk factors of high school dropout (Cairns et al., 1989; Janosz et al., 1997; Marjoribanks, 2002; Wood et al., 2017), it seems like environmental factors linked to SES are associated with high school dropout.

### **Implications for prevention and intervention**

The present study could contribute to the development of a comprehensive model of high school dropout by considering the contribution of genetic factors. Even though a set of genetic variants that predict a specific phenotype establish a statistical link, these are not sufficient to ensure the presence of said phenotype. In other words, people with those variants are only more at risk to present the phenotype relative to those without. A genetic vulnerability is not a destiny, and an effective intervention could modify the role of genes (Social Science Genetic Association Consortium, 2018).

The estimated risk assessed here is significant, but modest. However, molecular genetics still being a relatively new research domain, the strength of the predictions could increase in the future with the increasing precision of EY3 as GWASs gain statistical power.

Therefore, PRS assess an individual's genetic vulnerability to a particular phenotype. Twin studies have yet to document the proportion of variance of high school dropout explained by genetics. However, it is reasonable to think that, despite some genetic influence, most of the effect is due to the environment (Social Science Genetic Association consortium, 2018) because of studies conducted on related phenotypes. For example, the genetic variance of educational attainment is estimated at 40 % by a cross-sectional study, which is substantial, but still leave a significant share of influence to the environment (Rietveld et al., 2013).

Moreover, the share of variance of a given phenotype explained by genetics is relative, given that it may vary depending on the environment. In other words, the strength of the prediction of a phenotype by a PGS might be higher for people in some environments than for people in others (Social Science Genetic Association consortium, 2018). In that vein, the conclusions of the present study when it comes to the risk of dropping out of individuals with a given genotype only hold for as long as the environment, i. e. the school system, remains stable (Social Science Genetic Association consortium, 2018). For instance, in a sample of 12 500 Estonians, results from a study conducted by Rimfeld and colleagues (2018) showed that twice as much variance in educational attainment and occupational status in the post-Soviet era was explained by genetics compared to the Soviet era. These results suggest that, in a more meritocratic society, where access to education and employment is motivated by hard work and talent rather than by environmentally driven privilege such as SES, an individual's educational attainment and occupation status are much more influenced by his genetics.

In that context, the influence of genetic factors can be modulated by environment or, in other words, a change in the environment can change the effect of genes (Social Science Genetic Association Consortium, 2018). Some individuals' genes promote the development of required qualities to blossom in the current school system, which uses a given pedagogical approach. Thus, a change in the school system could lead to a change in genes' impact. To illustrate this principle, the Social Science Genetic Association consortium (2018) gives the example of an innovation in the school system making education more engaging and thus reducing the risk of individuals with genes linked to a lower self-control ability or capacity



to maintain attention in class in the same way that eyeglasses allow individuals whose genes predisposed them to poor vision to see just as well as those without those genes.

Since the present findings did not show any direct path from EY3 to high school dropout, future studies could focus on the underlying mechanisms of the association between genetics and high school dropout. By identifying characteristics that allow genetically advantaged individuals to stay longer in school and, in turn, genetically disadvantaged individuals to stay for a shorter period, interventions can be set up to promote a school system better suited to accommodate a diversity of students. Since genetic risk factors are present from conception, early intervention is required to prevent the risk of dropping out from increasing or to reduce it. In fact, to better understand development, environmental influences must be separated from genetic influences or what is specific to a child. However, child-specific factors are often assessed by measuring a phenotype, which could have been tainted by environment. Therefore, investigating genetics allow to isolate fundamental inter-individual differences, genetics probably being the earliest risk factor for dropping out.

The present study also investigated the direct role of academic achievement, grade progress and behavioral school disengagement, which can be great levers of intervention, on high school dropout. For instance, knowing that the decision to retain a student at a specific grade can significantly increase his or her risk of dropping out of high school, the decisional process of schools regarding promotion of students to the next grade could be changed to minimize grade retention. In fact, according to Wood and colleagues (2017), school psychologists should strongly advise against grade retention. Further, different factors associated with poverty that can be modulated by interventions, such as a low-SES neighborhood, harsh and inconsistent parental practices, low socioemotional functioning, exposition to contaminants or exposition to acute and extreme stressors, have been shown to contribute to the risk of dropping out (Harding, 2003; Martens et al., 2014).

### **Limitations**

The results of the present study should be interpreted in the context of its limitations. First, contrary to twin studies that allow identifying the proportion of variance of a given

phenotype attributable to genetics, by testing specific genetic markers, GWAS can only explain part of this genetic variance. PGS is a tool in development which will explain a larger part of the variance as it improves. Already, the third version of EduYears, a PGS derived from the study conducted by Lee and colleagues (2018), the third GWAS on educational attainment, has explained 11 % of the variance of educational attainment compared to 2 % and 3 % for the first (Rietveld et al., 2013) and second (Okbay et al., 2016) of these GWAS.

Second, polygenic scores were calculated for children of European ancestry, as this was the population of the reference genome-wide association studies, limiting the generalization of results to the general population. Further GWAS should focus on individuals of more diverse ethnic backgrounds.

Third, high school dropout, academic achievement, grade progress and behavioral school disengagement measures were self-reported, allowing for bias due to subjectivity. For instance, the results of meta-analysis conducted with 37 independent samples have shown that lower school performance and cognitive abilities reduce the reliability of self-reported grades. Therefore, it seems like individuals with lower academic average and lower cognitive abilities would report their grades with less accuracy (Kuncel et al., 2005). To overcome this problem, more objective data such as the results of ministerial evaluations could be used in future work. Also, future studies could investigate whether data on educational achievement collected at different times explains the relationship between EY3 and high school dropout with the same strength.

Finally, missing data likely impacted the present's study results, with data missing both due to attrition, as it is often the case in longitudinal studies, and common characteristics in individuals who did not consent to supply certain type of data. In fact, detailed analyses have revealed a pattern in missing data with children from low SES families being more likely to drop out of the study or to not provide biological samples for genotyping. More conservative results could be due to these particularities in missing data. However, to attenuate the impact of this limitation, we controlled for SES in the model and used a full information maximum likelihood (FIML) method.

## **Conclusion**

In conclusion, our results allow for a better understanding of the mechanisms underlying high school dropout by highlighting the contribution of early (i. e., EY3 and SES) and late (educational achievement and behavioral school disengagement) risk factors.

## References

- Archambault, I., Janosz, M., Fallu, J.-S., & Pagani, L. S. (2009). Student engagement and its relationship with early high school dropout. *Journal of Adolescence*, *32*(3), 651–670. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2008.06.007>
- Battin-Pearson, S., Newcomb, M. D., Abbott, R. D., Hill, K. G., Catalano, R. F., & Hawkins, J. D. (2000). Predictors of early high school dropout: A test of five theories. *Journal of Educational Psychology*, *92*(3), 568–582. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.92.3.568>
- Bauman, K., & Cranney, S. (2020). *School Enrollment in the United States: 2018*. Retrieved from <https://www.census.gov/content/dam/Census/library/publications/2020/demo/p20-584.pdf>
- Bedrossian, A. (2017). *Relationships Between Parenting Practices, Social Engagement, Academic Competency, And High School Dropout*. Azusa Pacific University.
- Belsky, D. W., Moffitt, T. E., Corcoran, D. L., Domingue, B., Harrington, H., Hogan, S., ... Caspi, A. (2016). The genetics of success: How single-nucleotide polymorphisms associated with educational attainment relate to life-course development. *Psychological Science*, *27*, 957–972. <https://doi.org/10.1177/0956797616643070>
- Bouchard, C., Côté, D., Daigle, A., Désy, J., Duplantie, J.-P., Lavoie-Gauthier, L., ... Trudel, A. (1991). *Un Québec fou de ses enfants: Rapport du groupe de travail pour les jeunes*. Québec.
- Bowers, A. J., Sprott, R., & Taff, S. A. (2013). Do we know who will drop out?: A review of the predictors of dropping out of high school: Precision, sensitivity, and specificity. *The High School Journal*, *96*(2), 77–100. <https://doi.org/10.1353/hsj.2013.0000>
- Brown, T. (2006). *Confirmatory factor analysis for applied research*. New York, NY: Guilford Press.
- Cairns, R. B., Cairns, B. D., & Neckerman, H. J. (1989). Early school dropout : Configurations and determinants. *Child Development*, *60*(6), 1437–1452.
- Carpentier, P., Dionne, G., Matte-Gagné, C., Denault, A.-S., Brendgen, M., Larose, S., Petitclerc, A., Ouellet-Morin, I., Carbonneau, R., Feng, B., Séguin, J., Côté, S., Vitaro, F., Tremblay, R. E., & Boivin, M. (2021). A sequential model of the contribution of preschool fluid and crystallized abilities to school achievement [document en préparation]. École de psychologie, Université Laval.
- Caspi, A., Wright, B. R. E., Moffitt, T. E., & Silva, P. A. (1998). Early failure in the labor market: Childhood and adolescent predictors of unemployment in the transition to adulthood. *American Sociological Review*, *63*(3), 424. <https://doi.org/10.2307/2657557>
- Connolly, E. J., Kavish, N., & Cooke, E. M. (2018). Testing the causal hypothesis that repeated bullying victimization leads to lower levels of educational attainment: A sibling-comparison analysis. *Journal of School Violence*, *8220*(May), 1–13. <https://doi.org/10.1080/15388220.2018.1477603>
- Crothers, L. M., Schreiber, J. B., Schmitt, A. J., Bell, G. R., Blasik, J., Comstock, L. A., ... Lipinski, J. (2010). A preliminary study of bully and victim behavior in old-for-grade students: Another potential hidden cost of grade retention or delayed school entry. *Journal of Applied School Psychology*, *26*(4), 327–338. <https://doi.org/10.1080/15377903.2010.518843>
- de Zeeuw, E. L., Kan, K.-J., van Beijsterveldt, C. E. M., Mbarek, H., Hottenga, J.-J.,

- Davies, G. E., ... Boomsma, D. I. (2019). The moderating role of SES on genetic differences in educational achievement in the Netherlands. *NPJ Science of Learning*, 4, 13. <https://doi.org/10.1038/s41539-019-0052-2>
- Desrosiers, H. (2000). Longitudinal study of child development in Quebec (ÉIIDEQ 1998-2002), 5-month-old infants: Family, child care and neighbourhood characteristics (publication n° 2-551-19950-6) Institut de la statistique du Québec. [https://www.jesuisjeserai.stat.gouv.qc.ca/publications/baby\\_no2.pdf](https://www.jesuisjeserai.stat.gouv.qc.ca/publications/baby_no2.pdf)
- Domingue, B. W., Belsky, D. W., Conley, D., Harris, K. M., & Boardman, J. D. (2015). Polygenic influence on educational attainment. *AERA Open*, 1(3), 2332858415599972. <https://doi.org/10.1177/2332858415599972>
- Ducharme, P. (2003). *Bulletin statistique de l'éducation-Abandon scolaire et décrochage: les concepts*. Québec. Retrieved from [http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site\\_web/documents/PSG/statistiques\\_info\\_decisionnelle/bulletin\\_25.pdf](http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/PSG/statistiques_info_decisionnelle/bulletin_25.pdf)
- Enders, C. K. (2010). Maximum likelihood missing data handling. In C. K. Enders (Ed.), *Applied missing data analysis* (pp. 86–126). New York, NY: Guilford Press.
- Ge, T., Chen, C. Y., Ni, Y., Feng, Y. C. A., & Smoller, J. W. (2019). Polygenic prediction via Bayesian regression and continuous shrinkage priors. *Nature Communications*, 10, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09718-5>
- González-Rodríguez, D., Vieira, M., & Vidal, J. (2019). Factors that influence early school leaving: A comprehensive model. *Educational Research*, 61(2), 214–230. <https://doi.org/10.1080/00131881.2019.1596034>
- Gottfredson, D. C., Fink, C. M., & Graham, N. (1994). Grade retention and problem behavior. *American Educational Research Journal*, 31(4), 761. <https://doi.org/10.2307/1163394>
- Harding, D. J. (2003). Counterfactual models of neighborhood effects: The effect of neighborhood poverty on dropping out and teenage pregnancy. *American Journal of Sociology*, 109(3), 676–719. <https://doi.org/10.1086/379217>
- Hu, L. et 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, 1–55. doi:10.1080/10705519909540118
- Hu, Y., Ehli, E. A., Nelson, K., Bohlen, K., Lynch, C., Huizenga, P., Kittlesrud, J., Soundy, T. J., & Davies, G. E. (2012). Genotyping performance between saliva and blood-derived genomic DNAs on the DMET array: a comparison. *PloS one*, 7(3), e33968. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033968>
- Janosz, M., Leblanc, M., Boulece, B., & Tremblay, R. E. (2000). Predicting different types of school dropouts : A typological approach with two longitudinal samples. *Journal of Educational Psychology*, 92(february), 171–190. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.92.1.171>
- Janosz, M., LeBlanc, M., Boulerice, B., & Tremblay, R. E. (1997). Disentangling the weight of school dropout predictors: A test on two longitudinal samples. *Journal of Youth and Adolescence*, 26(6), 733–762. <https://doi.org/10.1023/a:1022300826371>
- Jenkins, P. H. (1997). School delinquency and the school social bond. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, 34(3), 337–367. <https://doi.org/10.1177/0022427897034003003>
- Jimerson, S., Egeland, B., Sroufe, L. A., & Carlson, B. (2000). A prospective longitudinal study of high school dropouts examining multiple predictors across development.

- Journal of School Psychology*, 38(6), 525–549. [https://doi.org/10.1016/S0022-4405\(00\)00051-0](https://doi.org/10.1016/S0022-4405(00)00051-0)
- Jimerson, S. R., Anderson, G. E., & Whipple, A. D. (2002). Winning the battle and losing the war: Examining the relation between grade retention and dropping out of high school. *Psychology in the Schools*, 39(4), 441–457. <https://doi.org/10.1002/pits.10046>
- Kline, R. B. (2010). *Principles and practice of structural equation modeling* (3rd ed.). New York, NY: Guilford Press.
- Krapohl, E., & Plomin, R. (2016). Genetic link between family socioeconomic status and children’s educational achievement estimated from genome-wide SNPs. *Molecular Psychiatry*, 21(3), 437–443. <https://doi.org/10.1038/mp.2015.2>
- Krapohl, Eva, Rimfeld, K., Shakeshaft, N. G., Trzaskowski, M., McMillan, A., Pingault, J.-B., ... Plomin, R. (2014). The high heritability of educational achievement reflects many genetically influenced traits, not just intelligence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(42), 15273–15278. <https://doi.org/10.1073/pnas.1408777111>
- Kuncel, N. R., Credé, M., & Thomas, L. L. (2005). The validity of self-reported grade point averages, class ranks, and test scores: A meta-analysis and review of the literature. *Review of Educational Research*, 75(1), 63–82. <https://doi.org/10.3102/00346543075001063>
- Lamb, S., & Markussen, E. (2011). *School Dropout and Completion: An International Perspective*. (S. Lamb, E. Markussen, R. Teese, J. Polesel, & N. Sandberg, Eds.), *School Dropout and Completion: International Comparative Studies in Theory and Policy*. Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9763-7>
- Lansford, J. E., Dodge, K. A., Pettit, G. S., & Bates, J. E. (2016). A public health perspective on school dropout and adult outcomes: A prospective study of risk and protective factors from age 5 to 27 years. *Journal of Adolescent Health*, 58(6), 652–658. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2016.01.014>
- Lee, J. J., Wedow, R., Okbay, A., Kong, E., Maghziyan, O., Zacher, M., ... Cesarini, D. (2018). Gene discovery and polygenic prediction from a genome-wide association study of educational attainment in 1.1 million individuals. *Nature Genetics*, 50(8), 1112–1121. <https://doi.org/10.1038/s41588-018-0147-3>
- Libbey, H. P. (2004). Measuring student relationships to school: Attachment, bonding, connectedness, and engagement. *Journal of School Health*, 74(7), 274–283. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2004.tb08284.x>
- Marjoribanks, K. (2002). Environmental and individual influences on Australian students’ likelihood of staying in school. *Journal of Genetic Psychology*, 163(3), 368–381. <https://doi.org/10.1080/00221320209598690>
- Martens, P. J., Chateau, D. G., Burland, E. M. J., Finlayson, G. S., Smith, M. J., Taylor, C. R., ... Walld, R. (2014). The effect of neighborhood socioeconomic status on education and health outcomes for children living in social housing. *American Journal of Public Health*, 104(11), 2103–2113. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2014.302133>
- Maynard, B. R., Beaver, K. M., Vaughn, M. G., DeLisi, M., & Roberts, G. (2014). Toward a bioecological model of school engagement: A biometric analysis of gene and environmental factors. *Social Work Research*, 38(3), 164–176. <https://doi.org/10.1093/swr/svu018>
- McCoy, A. R., & Reynolds, A. J. (1999). Grade retention and school performance: An extended investigation. *Journal of School Psychology*, 37(3), 273–298.

- [https://doi.org/10.1016/S0022-4405\(99\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S0022-4405(99)00012-6)
- McDonald, R. P. et Ho, M.-H. R. (2002). Principles and practice in reporting structural equation analyses. *Psychological Methods*, 7, 64–82. doi:10.1037/1082-989X.7.1.64
- Morneau-Vaillancourt, G., Andlauer, T. F. M., Ouellet-Morin, I., Paquin, S., Brendgen, M. R., Vitaro, F., ... Boivin, M. (2021). *Polygenic scores differentially predict developmental trajectories of subtypes of social withdrawal in childhood*. Québec.
- Mouton, S. G., Hawkins, J., McPherson, R. H., & Copley, J. (1996). School attachment: Perspectives of low-attached high school students. *Educational Psychology*, 16(3), 297–304. <https://doi.org/10.1080/0144341960160306>
- Muennig, P., Fiscella, K., Tancredi, D., & Franks, P. (2010). The relative health burden of selected social and behavioral risk factors in the united states: Implications for policy. *American Journal of Public Health*, 100(9), 1758–1764. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2009.165019>
- Muthén, L. K. et Muthén, B. O. (2012). *Mplus user's guide* (7th ed.). Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.
- Muthén, L. K. et Muthén, B. O. (2009). *Mplus short courses topic 2: Regression analysis, exploratory factor analysis, confirmatory factor analysis, and structural equation modeling for categorical, censored, and count outcomes*. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén. Retrieved from <http://www.statmodel.com>
- Muthén, L. K. et Muthén, B. O. (2017). *MPlus* (version 8) [Logiciel]. Los Angeles, CA : Muthén & Muthén.
- Ni, G., Zeng, J., Revez, J. A., Wang, Y., Zheng, Z., Ge, T., ... Pedersen, N. L. (2021). A comparison of ten polygenic score methods for psychiatric disorders applied across multiple cohorts. *Biological Psychiatry*, 90(9), 611–620. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2021.04.018>
- Okbay, A., Beauchamp, J. P., Fontana, M. A., Lee, J. J., Pers, T. H., Rietveld, C. A., ... Benjamin, D. J. (2016). Genome-wide association study identifies 74 loci associated with educational attainment. *Nature*, 533(7604), 539–542. <https://doi.org/10.1038/nature17671>
- Orri, M., Boivin, M., Chen, C., Ahun, M. N., Geoffroy, M.-C., Ouellet-Morin, I., ... Côté, S. M. (2021). Cohort profile: Quebec longitudinal study of child development (QLSCD). *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 56(5), 883–894. <https://doi.org/10.1007/s00127-020-01972-z>
- Pineo, P. C. (1985). “Revisions of the Pineo-Porter-MacRoberts Socioeconomic Classification of Occupations for the 1981 Census”, QSEP Research Reports, Hamilton (Ontario), McMaster University, Research Institute for Quantitative Studies in Economics and Population, no. 125.
- Plomin, R., & Von Stumm, S. (2018). The new genetics of intelligence. *Nature Reviews Genetics*, 19(3), 148–159. <https://doi.org/10.1038/nrg.2017.104>
- Pokropek, A., & Sikora, J. (2015). Heritability, family, school and academic achievement in adolescence. *Social Science Research*, 53, 73–88. <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2015.05.005>
- Resnick, M. D. (1997). Protecting adolescents from harm. Findings from the National Longitudinal Study on Adolescent Health. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 278(10), 823–832. <https://doi.org/10.1001/jama.278.10.823>
- Rietveld, C. A., Medland, S. E., Derringer, J., Yang, J., Esko, T., Martin, N. W., ... Koellinger, P. D. (2013). GWAS of 126,559 individuals identifies genetic variants

- associated with educational attainment. *Science*, 340(6139), 1467–1471.  
<https://doi.org/10.1126/science.1235488>
- Rimfeld, K., Krapohl, E., Trzaskowski, M., Coleman, J. R., Selzam, S., Dale, P. S., ... & Plomin, R. (2018). Genetic influence on social outcomes during and after the Soviet era in Estonia. *Nature human behaviour*, 2(4), 269-275.
- Rimfeld, K., Malanchini, M., Krapohl, E., Hannigan, L. J., Dale, P. S., & Plomin, R. (2018). The stability of educational achievement across school years is largely explained by genetic factors. *Npj Science of Learning*, 3(1), 16.  
<https://doi.org/10.1038/s41539-018-0030-0>
- Ripple, C. H., & Luthar, S. S. (2000). Academic risk among inner-city adolescents. *Journal of School Psychology*, 38(3), 277–298. [https://doi.org/10.1016/S0022-4405\(00\)00032-7](https://doi.org/10.1016/S0022-4405(00)00032-7)
- Rumberger, R. W. (2020). The economics of high school dropouts. In *The Economics of Education* (pp. 149–158). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815391-8.00012-4>
- Rumberger, R. W., & Lim, S. A. (2008). Why students drop out of school: A review of 25 years of research. *California Dropout Research Project*, (October), 805–893.  
 Retrieved from [http://www.cdrp.ucsb.edu/pubs\\_reports.htm](http://www.cdrp.ucsb.edu/pubs_reports.htm)
- Sciarra, D. T., & Seirup, H. J. (2008). The multidimensionality of school engagement and math achievement among racial groups. *Professional School Counseling*, 11(4), 2156759X0801100. <https://doi.org/10.1177/2156759x0801100402>
- Selzam, S., Krapohl, E., von Stumm, S., O’Reilly, P. F., Rimfeld, K., Kovas, Y., ... Plomin, R. (2017). Predicting educational achievement from DNA. *Molecular Psychiatry*, 22(2), 267–272. <https://doi.org/10.1038/mp.2016.107>
- Social Science Genetic Association consortium. (2018). FAQs about “Genome-wide association analyses of risk tolerance and risky behaviors in over 1 million individuals identify hundreds of loci and shared genetic influences”. Repéré à <https://www.thessgac.org/faqs>
- Statistique Canada. (2017). Study: Young men and women without a high school diploma, 1990 to 2016. Repéré à <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/170504/dq170504b-eng.htm>
- Statistique Canada. (2019a). Niveau de scolarité de la personne. Repéré à [http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p3Var\\_f.pl?Function=DEC&Id=85134](http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p3Var_f.pl?Function=DEC&Id=85134)
- Statistique Canada. (2019b). Taux de chômage, taux d'activité et taux d'emploi selon le niveau de scolarité atteint, données annuelles. Repéré à <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1410002001&pickMembers%5B0%5D=1.1&pickMembers%5B1%5D=2.10&pickMembers%5B2%5D=4.1&pickMembers%5B3%5D=5.3>
- Thibodeau, M. E., Lavoie, F., Hébert, M. et Blais, M. (2017). Pathways linking childhood maltreatment and adolescent sexual risk behaviors: The role of attachment security. *Journal of Sex Research*, 54(8), 994–1005.  
<https://doi.org/10.1080/00224499.2017.1316816>
- United States Census Bureau. (2019). Current Population Survey (CPS): Subject Definitions.
- Vaillancourt-Morel, M. P., Dugal, C., Poirier Stewart, R., Godbout, N., Sabourin, S., Lussier, Y., et Briere, J. (2016). Extradysadic sexual involvement and sexual compulsivity in male and female sexual abuse survivors. *Journal of Sex Research*,



- 53(4–5), 614–625. <https://doi.org/10.1080/00224499.2015.1061633>
- Vaughn, M. G., Salas-Wright, C. P., & Maynard, B. R. (2014). Dropping out of school and chronic disease in the United States. *Journal of Public Health, 22*(3), 265–270. <https://doi.org/10.1007/s10389-014-0615-x>
- Willms, J. D., and Shields, M. (1996). *A measure of socioeconomic status for the National Longitudinal Study of Children*. Report prepared for the Canadian National Longitudinal Study of Children.
- Wood, L., Kiperman, S., Esch, R. C., Leroux, A. J., & Truscott, S. D. (2017). Predicting dropout using student-and school-level factors: An ecological perspective. *School Psychology Quarterly, 32*(1), 35–49. <https://doi.org/10.1037/spq0000152>

## Conclusion

La présente étude avait pour objectif d'estimer le rôle d'un score polygénique associé à la diplomation, le EY3, dérivé de la plus importante GWAS effectuée à ce jour (Lee et al., 2018), dans un modèle de prédiction du décrochage scolaire au secondaire. À cette fin, elle a eu recours à des données issues de l'Étude longitudinale du développement des enfants du Québec (ÉLDEQ). D'une part, l'étude visait à documenter le degré d'association entre le score EY3 et le décrochage scolaire et ses facteurs de risque plus immédiats (les résultats, le parcours et l'engagement scolaires). D'autre part, elle visait à tester un modèle de développement dans lequel ce score de propension génétique représente un facteur de risque précoce qui prédit indirectement le décrochage scolaire par le biais (i.e., la médiation) de ses associations prédictives avec les résultats, le parcours et l'engagement scolaires.

Des analyses structurelles de médiation ont été réalisées. Le modèle tient compte du SSE et du sexe, lesquels sont des variables contrôles comme il n'existe aucune interaction entre elles et le score EY3. L'étude révèle que le score EY3 prédit le décrochage scolaire par le biais de la réussite scolaire et du désengagement comportemental, lesquels agissent à titre de variables médiatrices dans la relation entre le score EY3 et le décrochage scolaire au secondaire. Toutefois, bien que le parcours scolaire demeure un fort prédicteur du décrochage scolaire, celui-ci n'agit pas à titre de variable médiatrice.

Les résultats de la présente étude confirment la contribution de plusieurs facteurs de risque du décrochage scolaire. Comme attendu, le SSE s'est avéré associé significativement au décrochage scolaire et aux trois variables médiatrices proposées (i. e. la réussite scolaire, le parcours scolaire et le désengagement comportemental). Le sexe, quant à lui, est associé significativement avec le décrochage scolaire au secondaire et une seule des trois variables médiatrices proposées, soit les résultats scolaires. Les trois variables médiatrices proposées se sont aussi avérées être associées avec le décrochage scolaire ( $r$  variant .17 to .39), ce qui rejoint les résultats d'études antérieures (Archambault et al., 2009; Bedrossian, 2017; Janosz et al., 1997; Jimerson et al., 2002; Marjoribanks, 2002; Rumberger & Lim, 2008; Wood et al., 2017). La présente étude ajoute aux études antérieures en montrant que la génétique de l'individu joue un rôle significatif, bien que modeste, dans ce modèle de prédiction du

décrochage scolaire au secondaire, d'abord, en étant associée à celui-ci. Ainsi, le score EY3 s'est avéré significativement associé au décrochage scolaire au secondaire ( $r = -.17$ ) de même qu'aux trois variables médiatrices proposées ( $r$  variant entre .14 to .27). La corrélation positive entre le score EY3 et la réussite scolaire était la plus forte ( $r = .27$ ).

L'hypothèse principale de la présente étude était que le score EY3 prédirait négativement le décrochage scolaire. En d'autres termes, les individus avec des SPG plus faibles seraient plus susceptibles de décrocher que ceux dont le score EY3 est plus élevé. La présente étude est la première à tester cette association avec une conséquence négative. Le score EY3 ne prédit pas directement le décrochage scolaire au secondaire. Toutefois, le score EY3 prédit indirectement le décrochage au secondaire par le biais de deux facteurs de risque immédiats, soit la réussite scolaire et le désengagement comportemental. En testant la prédiction du décrochage scolaire par le score EY3, notre étude est la première à montrer la vulnérabilité génétique d'un individu à décrocher de l'école secondaire ou, en d'autres termes, à montrer la génétique comme un facteur de risque précoce du décrochage scolaire.

Les deux contributions indirectes du score EY3 au décrochage scolaire via les résultats scolaires et le désengagement comportemental indiquent que la prédiction du décrochage scolaire par le score EY3 est entièrement expliquée par ces deux variables médiatrices. Cohérents avec les hypothèses de départ, ces résultats le sont aussi avec les travaux antérieurs suggérant que les résultats scolaires sont une variable médiatrice de la relation entre le décrochage scolaire et plusieurs autres facteurs de risque du décrochage scolaire (Battin-Pearson et al., 2000). Ces résultats proposent également une nouvelle façon d'ajouter aux modèles théoriques existants du décrochage scolaire en explorant différentes variables médiatrices possibles qui pourraient expliquer la relation entre des facteurs de risques précoces et le décrochage scolaire au secondaire. En effet, comme le décrochage scolaire est un processus et non un événement ponctuel, il est possible qu'une chaîne d'événements au fil du développement contribue à l'avènement du phénomène au-delà de la contribution de facteurs de risque ciblés.

La prédiction de la réussite scolaire et du désengagement comportemental par le score EY3 concorde avec les résultats des travaux antérieurs (Krapohl & Plomin, 2016; Krapohl et al., 2014; Maynard et al., 2014; Plomin & Von Stumm, 2018; Selzam et al., 2017). La présente étude reproduit les résultats de Krapohl et Plomin (2016) ainsi que ceux de Selzam et ses collègues (2017) en montrant que le score EY3 est associé à la réussite scolaire. Elle innove également en montrant, pour la première fois, que le désengagement comportemental est également partiellement associé aux facteurs génétiques, mais, surtout, qu'il est précisément prédit par le score EY3. La présente étude contribue aux modèles existants sur le décrochage scolaire (Battin-Pearson et al., 2000; González-Rodríguez et al., 2019) en documentant l'origine partiellement génétique de l'association entre le décrochage scolaire et certains facteurs de risque plus tardifs, soit la réussite scolaire et le désengagement comportemental.

Par ailleurs, au-delà de la prédiction de la réussite académique et du désengagement comportemental, le score EY3 n'a pas été associé significativement avec le parcours scolaire, ce qui est contraire aux hypothèses de départ. Le parcours scolaire n'avait pas été documenté sous cet angle jusqu'à présent. Ainsi, l'étude contribue à l'avancement des connaissances en montrant la relation entre le score EY3 et le parcours scolaire, soit que, bien qu'il existe une corrélation entre ces deux variables, le score EY3 ne prédit pas le parcours scolaire au-delà des contributions de la réussite académique et du désengagement comportemental. Il est possible que la relation entre les variantes génétiques et le parcours scolaire soit entièrement expliquée par le lien entre ces deux variables et la réussite scolaire. Puisque le score EY3 ne prédit pas le parcours scolaire au-delà des contributions des résultats scolaires et du désengagement comportemental, le parcours scolaire n'agit pas comme variable médiatrice dans la relation entre le score EY3 et le décrochage scolaire.

En outre, comme prévu, les trois facteurs de risque immédiats ciblés (i. e. les résultats scolaires, le parcours scolaire et le désengagement comportemental) contribuent de façon unique à la prédiction du décrochage scolaire au secondaire. Ces facteurs de risque peuvent être liés à un ensemble de compétences cognitives, motivationnelles et sociales chez l'individu, lesquelles sont fortement reliées au risque de décrocher avant l'obtention du DES

(Archambault et al., 2009; Bedrossian, 2017; Bowers et al., 2013; Cairns et al., 1989; Janosz et al., 1997; Ripple & Luthar, 2000; Wood et al., 2017). Ainsi, de plus faibles résultats scolaires, un parcours scolaire retardé comparativement au parcours régulier ou attendu en fonction de l'âge de l'élève et la manifestation de davantage de comportements de désengagement envers l'école prédisent le décrochage scolaire au secondaire. Ces résultats s'inscrivent dans une littérature riche soutenant que ces trois facteurs de risque immédiats sont parmi les plus fortement associés au risque de décrocher avant d'avoir obtenu un DES (Archambault et al., 2009; Bedrossian, 2017; Cairns et al., 1989; Janosz et al., 1997; Wood et al., 2017).

Même après avoir contrôlé pour les résultats scolaires et le désengagement comportemental, le parcours scolaire demeure le meilleur prédicteur du décrochage scolaire au secondaire. Autrement dit, un parcours scolaire qui dévie de la norme attendue en fonction de l'âge de l'élève augmente son risque de décrocher avant l'obtention de son DES au-delà de ses difficultés scolaires ou de comportement. Ainsi, d'autres facteurs liés à un parcours scolaire irrégulier pourraient expliquer la relation de ce dernier au décrochage scolaire. Par exemple, la victimisation par les pairs et une faible adaptation social, lesquels peuvent être associé au redoublement scolaire (Connolly et al., 2018; Crothers et al., 2010) pourraient être des éléments à explorer dans le cadre de recherches futures.

Conformément aux hypothèses de départ, le SSE était également significativement associé avec le décrochage scolaire au secondaire ( $r = -.28$ ) ainsi qu'avec les variables médiatrices proposées et le score EY3 ( $r = .34$ ). Cette dernière association suggère que le SSE est aussi potentiellement influencé par des facteurs génétiques, lesquels indiquent la présence d'interactions gènes-environnement. Il n'y avait pas de différence entre les sexes à l'exception du décrochage scolaire et de la réussite scolaire. De manière cohérente avec les études antérieures (Belsky et al., 2016; de Zeeuw et al., 2019; Domingue et al., 2015), les résultats montrent une association significative entre le SSE et le score EY3, suggérant une possible transmission intergénérationnelle de la susceptibilité à un SSE particulier. Ces résultats pourraient être expliqués par le score EY3 des parents, une variable à la fois liée au score EY3 de l'individu et au SSE de la famille dans laquelle il se développe. Toutefois,

après avoir contrôlé pour le score EY3, le SSE prédisait toujours significativement le décrochage scolaire au secondaire. Dans le même ordre d'idées, après avoir contrôlé pour le SSE, le score EY3 prédisait également significativement le décrochage scolaire au secondaire. Par conséquent, chacune de ces variables apporte une contribution unique à l'explication des mécanismes qui sous-tendent le décrochage scolaire. Ainsi, le score EY3 prédisait le décrochage scolaire au-delà de l'origine commune qu'il possède avec le SSE. De son côté, tout comme le soutient la littérature existante sur les facteurs de risque précoces du décrochage scolaire (Cairns et al., 1989; Janosz et al., 1997; Marjoribanks, 2002; Wood et al., 2017), il semble que des facteurs environnementaux liés au SSE soient associés avec le décrochage scolaire au secondaire.

### **Implications pour la prévention et l'intervention**

La présente étude contribue au développement des connaissances sur les déterminants du décrochage scolaire au secondaire. D'emblée, elle documente la contribution de facteurs génétiques. Plusieurs ont émis des critiques à l'égard des études portant sur la génétique, certains attribuant un caractère déterministe, soit un enchaînement direct de causes à effets, à l'influence génétique. Bien qu'un ensemble de variantes génétiques prédisant un phénotype établissent un lien statistique entre les gènes et une augmentation du risque de présenter le phénotype, elles ne garantissent pas la présence de ce phénotype. En d'autres termes, les personnes qui présentent ces variantes génétiques sont plus susceptibles de présenter le phénotype que celles qui ne les présentent pas, mais n'en sont pas assurées (Social Science Genetic Association Consortium, 2018). Ainsi, la prédiction du décrochage scolaire au secondaire par le score EY3 est modeste et partielle. Elle laisse donc une place importante à des déterminants autres, i. e. non-génétiques, notamment le SSE.

Les études de jumeaux n'ont pas encore établi la part de l'origine du décrochage scolaire attribuable à la génétique comparativement à celle attribuable à l'environnement. Toutefois, en raison d'études effectuées sur des phénotypes apparentés, il est raisonnable de croire qu'une part importante de l'origine du décrochage scolaire est attribuable aux effets de l'environnement. Par exemple, en ce qui concerne le niveau de diplomation, malgré une certaine influence génétique, la majeure partie de l'origine est dû à l'environnement (Social

Science Genetic Association consortium, 2018). Ainsi, le niveau de diplomation serait d'origine génétique à environ 40 % (Rietveld et al., 2013), ce qui est substantiel, mais qui laisse également une part d'influence importante à l'environnement. Il est également important de noter que les effets génétiques agissent en partie par le biais de l'environnement et donc dépendent de ce dernier (Social Science Genetic Association Consortium, 2018). Ainsi, les personnes avantagées sur le plan génétique sont celles dont les gènes favorisent le développement des qualités requises pour s'épanouir dans le système scolaire actuel. Par conséquent, une modification du système scolaire entraînerait une modification de l'impact des gènes.

Puisque les présents résultats montrent l'absence d'un lien prédictif direct entre le score EY3 et le décrochage scolaire au secondaire, les futures études pourraient viser une meilleure compréhension des mécanismes sous-jacents à l'association entre la génétique et le décrochage. En identifiant les caractéristiques qui permettent aux individus avec un score EY3 plus élevé de demeurer plus longtemps à l'école, des interventions peuvent être mises en place dans le but de promouvoir un système scolaire plus adapté à ces élèves.

La présente étude s'intéresse également à l'effet direct sur le décrochage scolaire de la réussite scolaire, du parcours scolaire et du désengagement scolaire comportemental, lesquels peuvent être des leviers d'intervention. Par exemple, sachant que la décision de faire redoubler un enfant augmente significativement le risque qu'il décroche, le processus décisionnel du milieu scolaire quant à la promotion de l'élève au niveau scolaire suivant peut être modifié de façon à minimiser le redoublement. Dans cet ordre d'idées, Wood et ses collègues (2017) mentionnent que les psychologues scolaires devraient décourager le redoublement. En outre, différents facteurs associés à la pauvreté peuvent être modulés par des interventions, comme un voisinage avec un faible SSE, des pratiques parentales sévères et inconstantes, un faible fonctionnement socio-émotionnel ou l'exposition à des contaminants ou des facteurs de stress aigu ou chronique (Harding, 2003; Martens et al., 2014).

## Limites

Les résultats de la présente étude doivent être interprétés en tenant compte de ses limites. Premièrement, contrairement aux devis de jumeaux qui, en principe, permettent d'expliquer la totalité de la part des différences individuelles attribuable aux gènes d'un phénotype donné, les scores polygéniques dérivés des GWAS ne peuvent expliquer qu'une partie de ces différences en testant des marqueurs génétiques spécifiques. Le SPG est un outil en voie de perfectionnement qui expliquera une plus grande part de la variance au fil de son développement. La troisième version du score EduYears, un SPG dérivé de la troisième GWAS portant sur le niveau de diplomation menée à ce jour, explique 11 % des différences individuelles attribuables aux gènes du niveau de diplomation comparativement à 2 % et 3 % pour la première (Rietveld et al., 2013) et la deuxième (Okbay et al., 2016) de ces GWAS. Ainsi, il est probable que la présente étude sous-estime l'influence des variantes génétiques sur le décrochage scolaire, le SSE, la réussite académique, le parcours scolaire ainsi que le désengagement scolaire comportemental en raison des limites de l'outil utilisé. Les études de jumeaux sont donc encore nécessaires pour permettre une estimation potentiellement plus complète de la part totale des différences individuelles attribuables aux gènes du décrochage scolaire et agir comme complément à la présente étude, laquelle vise des marqueurs génétiques spécifiques.

Deuxièmement, les SPG ont été calculés pour des individus de descendance européenne, car il s'agit de la population de référence pour les études d'association pangénomiques (GWAS), limitant ainsi la généralisation des résultats. La stratification génétique selon l'ascendance étant un phénomène bien documenté, les futures GWAS devront, pour élargir leur portée, étudier des individus d'origines ethniques diverses afin de permettre le calcul de scores polygéniques à portée populationnelle plus vaste et variée.

Troisièmement, les résultats scolaires, le parcours scolaire et le désengagement comportemental sont des mesures auto-rapportées ce qui peut entraîner des biais de subjectivité. Par exemple, les résultats d'une méta-analyse menée auprès de 37 échantillons indépendants ont montré que de plus faibles performance académique et capacités cognitives modèrent la fiabilité des résultats auto-rapportés. Ainsi, il semble que les individus avec de



plus faibles moyennes générales et capacités cognitives rapportent leurs résultats scolaires avec moins de précision (Kuncel et al., 2005). Pour pallier cette limite, des données plus objectives telles que les résultats des examens du ministère pourraient être utilisées dans les recherches futures. Les données ministérielles pourraient également éviter l'impact de l'attrition sur les résultats puisque le taux de décrocheurs de la présente étude, estimé à 7,6 %, semble sous-estimé le taux réel de décrochage dans la population, lequel était de 14,6 % pour l'année 2018-2019 (Ministère de l'Éducation, 2021). De plus, les travaux futurs pourraient s'intéresser au temps de collecte des variables médiatrices de façon à évaluer si celles-ci expliquent la relation entre le score EY3 et le décrochage scolaire avec la même force.

Finalement, l'étude comporte certaines données manquantes en raison de l'attrition, ce qui est fréquent dans le cadre d'études longitudinales, ainsi que de caractéristiques communes chez les individus ayant refusé de fournir des échantillons biologiques. Ce patron de données manquantes a possiblement eu un impact sur les résultats de la présente étude. De fait, des analyses détaillées ont révélé que les enfants issus de familles avec un plus faible SSE étaient plus susceptibles de décrocher de l'étude et de ne pas fournir d'échantillon biologique destiné au génotypage. Des résultats plus conservateurs pourraient être le résultat de ces particularités dans les données manquantes. Toutefois, pour atténuer l'impact de cette limite, nous avons contrôlé pour le SSE dans le modèle et utilisé la méthode de vraisemblance (*full information maximum likelihood, FIML*).

En somme, les résultats de la présente étude participent à une meilleure compréhension des mécanismes à l'origine du processus de désengagement pouvant mener au décrochage scolaire en soulignant la contribution de facteurs de risques précoces (i. e. EY3 et SSE) et tardifs (i. e. résultats scolaires et désengagement comportemental). De cette manière, la présente étude contribue à l'avancement des connaissances en éducation dans le but d'améliorer l'intervention en ajoutant aux modèles théoriques déjà existants, lesquels sont incomplets. Le fait de trouver une influence génétique sur le décrochage scolaire n'implique pas qu'aucune intervention ne soit possible. Au contraire, l'influence génétique suggère le besoin d'un nouveau modèle d'éducation personnalisé et adapté au bagage de chacun. Notamment, les résultats d'une étude de Krapohl et ses collègues (2014) montrent

de fortes relations entre la réussite scolaire et certains domaines non-cognitifs, comme les environnements scolaire et familial, lesquels sont des candidats potentiels pour l'intervention. Ainsi, les travaux futurs pourraient s'intéresser à la contribution de la génétique à l'amélioration de la situation des élèves. Par exemple, il est possible que certaines pratiques parentales, pédagogiques ou d'accompagnement modèrent les liens entre le SPG et le décrochage scolaire. Toutefois, il est également possible que des interventions visant les facteurs de risque environnementaux de façon à diminuer les écarts entre les individus se traduisent par une diminution des écarts liés à l'environnement et donc, une augmentation de la part relative de la génétique dans l'explications des différences individuelles. Dès lors, des recherches pourraient viser l'identification des domaines d'intervention propices à l'atténuation des effets de la génétique sur le développement.

## Bibliographie

- Archambault, I., Janosz, M., Fallu, J.-S., & Pagani, L. S. (2009). Student engagement and its relationship with early high school dropout. *Journal of Adolescence*, *32*(3), 651–670. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2008.06.007>
- Ayorech, Z., Plomin, R., & Stumm, S. Von. (2019). Using DNA to predict educational trajectories in early adulthood. *Developmental Psychology*, *55*(5), 1088–1095. <https://doi.org/10.1037/dev0000682.supp>
- Battin-Pearson, S., Newcomb, M. D., Abbott, R. D., Hill, K. G., Catalano, R. F., & Hawkins, J. D. (2000a). Predictors of early high school dropout: A test of five theories. *Journal of Educational Psychology*, *92*(3), 568–582. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.92.3.568>
- Bauman, K., & Cranney, S. (2020). *School Enrollment in the United States: 2018*. Retrieved from <https://www.census.gov/content/dam/Census/library/publications/2020/demo/p20-584.pdf>
- Bedrossian, A. (2017). *Relationships Between Parenting Practices, Social Engagement, Academic Competency, And High School Dropout*. Azusa Pacific University.
- Belsky, D. W., Moffitt, T. E., Corcoran, D. L., Domingue, B., Harrington, H., Hogan, S., ... Caspi, A. (2016). The genetics of success: How single-nucleotide polymorphisms associated with educational attainment relate to life-course development. *Psychological Science*, *27*, 957–972. <https://doi.org/10.1177/0956797616643070>
- Bouchard, C., Côté, D., Daigle, A., Désy, J., Duplantie, J.-P., Lavoie-Gauthier, L., ... Trudel, A. (1991). *Un Québec fou de ses enfants: Rapport du groupe de travail pour les jeunes*. Québec.
- Bowers, A. J., Sprott, R., & Taff, S. A. (2013). Do we know who will drop out?: A review of the predictors of dropping out of high school: Precision, sensitivity, and specificity. *The High School Journal*, *96*(2), 77–100. <https://doi.org/10.1353/hsj.2013.0000>
- Brown, T. (2006). *Confirmatory factor analysis for applied research*. New York, NY: Guilford Press.
- Bryce, C. I., Bradley, R. H., Abry, T., Swanson, J., & Thompson, M. S. (2018). Parents' and teachers' academic influences, behavioral engagement, and first- and fifth-grade achievement. *School Psychology Quarterly*, *34*(5), 492–502. <https://doi.org/10.1037/spq0000297>
- Cairns, R. B., Cairns, B. D., & Neckerman, H. J. (1989). Early school dropout : Configurations and determinants. *Child Development*, *60*(6), 1437–1452.
- Carpentier, P., Dionne, G., Matte-Gagné, C., Denault, A.-S., Brendgen, M., Larose, S., Petitclerc, A., Ouellet-Morin, I., Carbonneau, R., Feng, B., Séguin, J., Côté, S., Vitaro, F., Tremblay, R. E., & Boivin, M. (2021). A sequential model of the contribution of preschool fluid and crystallized abilities to school achievement [document en préparation]. École de psychologie, Université Laval.
- Caspi, A., Wright, B. R. E., Moffitt, T. E., & Silva, P. A. (1998). Early failure in the labor market: Childhood and adolescent predictors of unemployment in the transition to adulthood. *American Sociological Review*, *63*(3), 424. <https://doi.org/10.2307/2657557>
- Connolly, E. J., Kavish, N., & Cooke, E. M. (2018). Testing the causal hypothesis that repeated bullying victimization leads to lower levels of educational attainment: A sibling-comparison analysis. *Journal of School Violence*, *8220*(May), 1–13.

- <https://doi.org/10.1080/15388220.2018.1477603>
- Crothers, L. M., Schreiber, J. B., Schmitt, A. J., Bell, G. R., Blasik, J., Comstock, L. A., ... Lipinski, J. (2010). A preliminary study of bully and victim behavior in old-for-grade students: Another potential hidden cost of grade retention or delayed school entry. *Journal of Applied School Psychology, 26*(4), 327–338. <https://doi.org/10.1080/15377903.2010.518843>
- Davies, G., Marioni, R. E., Liewald, D. C., Hill, W. D., Hagenaars, S. P., Harris, S. E., ... others. (2016). Genome-wide association study of cognitive functions and educational attainment in UK Biobank (N= 112 151). *Molecular Psychiatry, 21*(August 2015), 1–10. <https://doi.org/10.1038/mp.2016.45>
- Desrosiers, H. (2000). Longitudinal study of child development in Quebec (ÉIIDEQ 1998-2002), 5-month-old infants: Family, child care and neighbourhood characteristics (publication n° 2-551-19950-6) Institut de la statistique du Québec. [https://www.jesuisjeserai.stat.gouv.qc.ca/publications/baby\\_no2.pdf](https://www.jesuisjeserai.stat.gouv.qc.ca/publications/baby_no2.pdf)
- de Zeeuw, E. L., Kan, K.-J., van Beijsterveldt, C. E. M., Mbarek, H., Hottenga, J.-J., Davies, G. E., ... Boomsma, D. I. (2019). The moderating role of SES on genetic differences in educational achievement in the Netherlands. *NPJ Science of Learning, 4*, 13. <https://doi.org/10.1038/s41539-019-0052-2>
- de Zeeuw, E. L., van Beijsterveldt, C. E. M., Glasner, T. J., Bartels, M., Ehli, E. A., Davies, G. E., ... Boomsma, D. I. (2014). Polygenic scores associated with educational attainment in adults predict educational achievement and ADHD symptoms in children. *American Journal of Medical Genetics Part B: Neuropsychiatric Genetics, 165*(6), 510–520. <https://doi.org/10.1002/ajmg.b.32254>
- Domingue, B. W., Belsky, D. W., Conley, D., Harris, K. M., & Boardman, J. D. (2015). Polygenic influence on educational attainment. *AERA Open, 1*(3), 2332858415599972. <https://doi.org/10.1177/2332858415599972>
- Ducharme, P. (2003). *Bulletin statistique de l'éducation-Abandon scolaire et décrochage: les concepts*. Québec. Retrieved from [http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site\\_web/documents/PSG/statistiques\\_info\\_decisionnelle/bulletin\\_25.pdf](http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/PSG/statistiques_info_decisionnelle/bulletin_25.pdf)
- Dupéré, V., Dion, E., Leventhal, T., Archambault, I., Crosnoe, R., & Janosz, M. (2018). High school dropout in proximal context: The triggering role of stressful life events. *Child Development, 89*(2), e107–e122. <https://doi.org/10.1111/cdev.12792>
- Dupéré, V., Dion, E., Nault-Brière, F., Archambault, I., Leventhal, T., & Lesage, A. (2017). Revisiting the link between depression symptoms and high school dropout: Timing of exposure matters. *Journal of Adolescent Health, 62*(2), 205–211. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2017.09.024>
- Enders, C. K. (2010). Maximum likelihood missing data handling. In C. K. Enders (Ed.), *Applied missing data analysis* (pp. 86–126). New York, NY: Guilford Press.
- Ge, T., Chen, C. Y., Ni, Y., Feng, Y. C. A., & Smoller, J. W. (2019). Polygenic prediction via Bayesian regression and continuous shrinkage priors. *Nature Communications, 10*, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09718-5>
- González-Rodríguez, D., Vieira, M., & Vidal, J. (2019). Factors that influence early school leaving: a comprehensive model. *Educational Research, 61*(2), 214–230. <https://doi.org/10.1080/00131881.2019.1596034>
- Gottfredson, D. C., Fink, C. M., & Graham, N. (1994). Grade retention and problem behavior. *American Educational Research Journal, 31*(4), 761.

- <https://doi.org/10.2307/1163394>
- Guay, F., Ratelle, C. F., & Chanal, J. (2008). Optimal learning in optimal contexts: The role of self-determination in education. *Canadian Psychology*, *49*(3), 233–240. <https://doi.org/10.1037/a0012758>
- Harding, D. J. (2003). Counterfactual models of neighborhood effects: The effect of neighborhood poverty on dropping out and teenage pregnancy. *American Journal of Sociology*, *109*(3), 676–719. <https://doi.org/10.1086/379217>
- Hu, L. et 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*, 1–55. doi:10.1080/10705519909540118
- Hu, Y., Ehli, E. A., Nelson, K., Bohlen, K., Lynch, C., Huizenga, P., Kittlelsrud, J., Soundy, T. J., & Davies, G. E. (2012). Genotyping performance between saliva and blood-derived genomic DNAs on the DMET array: a comparison. *PloS one*, *7*(3), e33968. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033968>
- Janosz, M., Leblanc, M., Bouleuce, B., & Tremblay, R. E. (2000). Predicting different types of school dropouts : A typological approach with two longitudinal samples. *Journal of Educational Psychology*, *92*(february), 171–190. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.92.1.171>
- Janosz, M., LeBlanc, M., Boulerice, B., & Tremblay, R. E. (1997). Disentangling the weight of school dropout predictors: A test on two longitudinal samples. *Journal of Youth and Adolescence*, *26*(6), 733–762. <https://doi.org/10.1023/a:1022300826371>
- Jansen, P. R., Polderman, T. J. C., Bolhuis, K., van der Ende, J., Jaddoe, V. W. V., Verhulst, F. C., ... Tiemeier, H. (2018). Polygenic scores for schizophrenia and educational attainment are associated with behavioural problems in early childhood in the general population. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *59*(1), 39–47. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12759>
- Jenkins, P. H. (1997). School delinquency and the school social bond. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, *34*(3), 337–367. <https://doi.org/10.1177/0022427897034003003>
- Jimerson, S., Egeland, B., Sroufe, L. A., & Carlson, B. (2000). A prospective longitudinal study of high school dropouts examining multiple predictors across development. *Journal of School Psychology*, *38*(6), 525–549. [https://doi.org/10.1016/S0022-4405\(00\)00051-0](https://doi.org/10.1016/S0022-4405(00)00051-0)
- Jimerson, S. R., Anderson, G. E., & Whipple, A. D. (2002). Winning the battle and losing the war: Examining the relation between grade retention and dropping out of high school. *Psychology in the Schools*, *39*(4), 441–457. <https://doi.org/10.1002/pits.10046>
- Kline, R. B. (2010). *Principles and practice of structural equation modeling* (3rd ed.). New York, NY: Guilford Press.
- Krapohl, E., Euesden, J., Zabaneh, D., Pingault, J.-B., Rimfeld, K., von Stumm, S., ... Plomin, R. (2016). Phenome-wide analysis of genome-wide polygenic scores. *Molecular Psychiatry*, *21*(9), 1188–1193. <https://doi.org/10.1038/mp.2015.126>
- Krapohl, E., & Plomin, R. (2016). Genetic link between family socioeconomic status and children's educational achievement estimated from genome-wide SNPs. *Molecular Psychiatry*, *21*(3), 437–443. <https://doi.org/10.1038/mp.2015.2>
- Krapohl, E., Rimfeld, K., Shakeshaft, N. G., Trzaskowski, M., McMillan, A., Pingault, J.-B., ... Plomin, R. (2014). The high heritability of educational achievement reflects many genetically influenced traits, not just intelligence. *Proceedings of the National*

- Academy of Sciences*, 111(42), 15273–15278.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1408777111>
- Kuncel, N. R., Credé, M., & Thomas, L. L. (2005). The validity of self-reported grade point averages, class ranks, and test scores: A meta-analysis and review of the literature. *Review of Educational Research*, 75(1), 63–82.  
<https://doi.org/10.3102/00346543075001063>
- Lamb, S., & Markussen, E. (2011). *School Dropout and Completion: An International Perspective*. (S. Lamb, E. Markussen, R. Teese, J. Polesel, & N. Sandberg, Eds.), *School Dropout and Completion: International Comparative Studies in Theory and Policy*. Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9763-7>
- Lansford, J. E., Dodge, K. A., Pettit, G. S., & Bates, J. E. (2016). A Public Health Perspective on school dropout and adult outcomes: A prospective study of risk and protective factors from age 5 to 27 years. *Journal of Adolescent Health*, 58(6), 652–658. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2016.01.014>
- Lee, J. J., Wedow, R., Okbay, A., Kong, E., Maghziyan, O., Zacher, M., ... Cesarini, D. (2018). Gene discovery and polygenic prediction from a genome-wide association study of educational attainment in 1.1 million individuals. *Nature Genetics*, 50(8), 1112–1121. <https://doi.org/10.1038/s41588-018-0147-3>
- Lekwa, A. J., Reddy, L. A., Dudek, C. M., & Hua, A. N. (2018). Assessment of teaching to predict gains in student achievement in urban schools. *School Psychology Quarterly*, 34(3), 271–280. <https://doi.org/10.1037/spq0000293>
- Legleye, S., Obradovic, I., Jansen, E., Spilka, S., Le Nezet, O. et Beck, F. (2010). Influence of cannabis use trajectories, grade repetition and family background on the school-dropout rate at the age of 17 years in France. *The European Journal of Public Health*, 20(2), 157-163. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckp148>
- Libbey, H. P. (2004). Measuring student relationships to school: Attachment, bonding, connectedness, and engagement. *Journal of School Health*, 74(7), 274–283.  
<https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2004.tb08284.x>
- Marjoribanks, K. (2002). Environmental and individual influences on Australian students' likelihood of staying in school. *Journal of Genetic Psychology*, 163(3), 368–381.  
<https://doi.org/10.1080/00221320209598690>
- Martens, P. J., Chateau, D. G., Burland, E. M. J., Finlayson, G. S., Smith, M. J., Taylor, C. R., ... Walld, R. (2014). The effect of neighborhood socioeconomic status on education and health outcomes for children living in social housing. *American Journal of Public Health*, 104(11), 2103–2113. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2014.302133>
- Maynard, B. R., Beaver, K. M., Vaughn, M. G., DeLisi, M., & Roberts, G. (2014). Toward a bioecological model of school engagement: A biometric analysis of gene and environmental factors. *Social Work Research*, 38(3), 164–176.  
<https://doi.org/10.1093/swr/svu018>
- McCoy, A. R., & Reynolds, A. J. (1999). Grade retention and school performance: An extended investigation. *Journal of School Psychology*, 37(3), 273–298.  
[https://doi.org/10.1016/S0022-4405\(99\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S0022-4405(99)00012-6)
- McDonald, R. P. et Ho, M.-H. R. (2002). Principles and practice in reporting structural equation analyses. *Psychological Methods*, 7, 64–82. doi:10.1037/1082-989X.7.1.64
- Ministère de l'Éducation. (2021, 6 juillet). *Taux de sorties sans diplôme ni qualification parmi les sortants en formation générale des jeunes*.  
<http://www.education.gouv.qc.ca/references/indicateurs-et->

- statistiques/indicateurs/taux-de-sorties-sans-diplome-ni-qualification-parmi-les-sortants-en-formation-generale-des-jeunes/
- Morneau-Vaillancourt, G., Andlauer, T. F. M., Ouellet-Morin, I., Paquin, S., Brendgen, M. R., Vitaro, F., ... Boivin, M. (2021). *Polygenic scores differentially predict developmental trajectories of subtypes of social withdrawal in childhood*. Québec.
- Morrow, A. S., & Villodas, M. T. (2018). Direct and indirect pathways from adverse childhood experiences to high school dropout among high-risk adolescents. *Journal of Research on Adolescence*, 28(2), 327–341. <https://doi.org/10.1111/jora.12332>
- Mõttus, R., Realo, A., Vainik, U., Allik, J., & Esko, T. (2017). Educational attainment and personality are genetically intertwined. *Psychological Science*, 28(11), 1631–1639. <https://doi.org/10.1177/0956797617719083>
- Mouton, S. G., Hawkins, J., McPherson, R. H., & Copley, J. (1996). School attachment: perspectives of low-attached high school students. *Educational Psychology*, 16(3), 297–304. <https://doi.org/10.1080/0144341960160306>
- Muennig, P., Fiscella, K., Tancredi, D., & Franks, P. (2010). The relative health burden of selected social and behavioral risk factors in the united states: Implications for policy. *American Journal of Public Health*, 100(9), 1758–1764. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2009.165019>
- Muthén, L. K. et Muthén, B. O. (2012). *Mplus user's guide* (7th ed.). Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.
- Muthén, L. K. et Muthén, B. O. (2009). *Mplus short courses topic 2: Regression analysis, exploratory factor analysis, confirmatory factor analysis, and structural equation modeling for categorical, censored, and count outcomes*. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén. Repéré à <http://www.statmodel.com>
- Muthén, L. K. et Muthén, B. O. (2017). *MPlus* (version 8) [Logiciel]. Los Angeles, CA : Muthén & Muthén.
- Ni, G., Zeng, J., Revez, J. A., Wang, Y., Zheng, Z., Ge, T., ... Pedersen, N. L. (2021). A Comparison of Ten Polygenic Score Methods for Psychiatric Disorders Applied Across Multiple Cohorts. *Biological Psychiatry*, 90(9), 611–620. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2021.04.018>
- Okbay, A., Beauchamp, J. P., Fontana, M. A., Lee, J. J., Pers, T. H., Rietveld, C. A., ... Benjamin, D. J. (2016). Genome-wide association study identifies 74 loci associated with educational attainment. *Nature*, 533(7604), 539–542. <https://doi.org/10.1038/nature17671>
- Orri, M., Boivin, M., Chen, C., Ahun, M. N., Geoffroy, M.-C., Ouellet-Morin, I., ... Côté, S. M. (2021). Cohort profile: Quebec longitudinal study of child development (QLSCD). *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 56(5), 883–894. <https://doi.org/10.1007/s00127-020-01972-z>
- Palomar-Lever, J., & Victorio-Estrada, A. (2017). Academic success of adolescents in poverty. *Social Psychology of Education*, 20(3), 669–691. <https://doi.org/10.1007/s11218-017-9389-7>
- Pineo, P. C. (1985). “Revisions of the Pineo-Porter-MacRoberts Socioeconomic Classification of Occupations for the 1981 Census”, QSEP Research Reports, Hamilton (Ontario), McMaster University, Research Institute for Quantitative Studies in Economics and Population, no. 125.
- Plomin, R., & Von Stumm, S. (2018). The new genetics of intelligence. *Nature Reviews Genetics*, 19(3), 148–159. <https://doi.org/10.1038/nrg.2017.104>

- Pokropek, A., & Sikora, J. (2015). Heritability, family, school and academic achievement in adolescence. *Social Science Research*, 53, 73–88. <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2015.05.005>
- Purcell, S. M., Wray, N. R., Stone, J. L., Visscher, P. M., O'Donovan, M. C., Sullivan, P. F., ..., Sklar, P. (2009). Common polygenic variation contributes to risk of schizophrenia and bipolar disorder. *Nature*, 420(7256), 748-52. doi: 10.1038/nature08185
- Resnick, M. D. (1997). Protecting adolescents from harm. Findings from the National Longitudinal Study on Adolescent Health. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 278(10), 823–832. <https://doi.org/10.1001/jama.278.10.823>
- Rietveld, C. A., Medland, S. E., Derringer, J., Yang, J., Esko, T., Martin, N. W., ... Koellinger, P. D. (2013). GWAS of 126,559 individuals identifies genetic variants associated with educational attainment. *Science*, 340(6139), 1467–1471. <https://doi.org/10.1126/science.1235488>
- Rimfeld, K., Ayorech, Z., Dale, P. S., Kovas, Y., & Plomin, R. (2016). Genetics affects choice of academic subjects as well as achievement. *Scientific Reports*, 6(June), 1–9. <https://doi.org/10.1038/srep26373>
- Rimfeld, K., Krapohl, E., Trzaskowski, M., Coleman, J. R., Selzam, S., Dale, P. S., ... & Plomin, R. (2018). Genetic influence on social outcomes during and after the Soviet era in Estonia. *Nature human behaviour*, 2(4), 269-275.
- Rimfeld, K., Malanchini, M., Krapohl, E., Hannigan, L. J., Dale, P. S., & Plomin, R. (2018). The stability of educational achievement across school years is largely explained by genetic factors. *Npj Science of Learning*, 3(1), 16. <https://doi.org/10.1038/s41539-018-0030-0>
- Ripple, C. H., & Luthar, S. S. (2000). Academic risk among inner-city adolescents. *Journal of School Psychology*, 38(3), 277–298. [https://doi.org/10.1016/S0022-4405\(00\)00032-7](https://doi.org/10.1016/S0022-4405(00)00032-7)
- Rumberger, R. W. (2020). The economics of high school dropouts. In *The Economics of Education* (pp. 149–158). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815391-8.00012-4>
- Rumberger, R. W., & Lim, S. A. (2008). Why students drop out of school: A review of 25 years of research. *California Dropout Research Project*, (October), 805–893. Retrieved from [http://www.cdrp.ucsb.edu/pubs\\_reports.htm](http://www.cdrp.ucsb.edu/pubs_reports.htm)
- Schwabe, I., Janss, L., & van den Berg, S. M. (2017). Can we validate the results of twin studies? A census-based study on the heritability of educational achievement. *Frontiers in Genetics*, 8(OCT), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fgene.2017.00160>
- Sciarra, D. T., & Seirup, H. J. (2008). The Multidimensionality of School Engagement and Math Achievement among Racial Groups. *Professional School Counseling*, 11(4), 2156759X0801100. <https://doi.org/10.1177/2156759x0801100402>
- Scitable by nature education. (2014). Phenotype/Phenotypes. Retrieved from <https://www.nature.com/scitable/definition/phenotype-phenotypes-35/>
- Selzam, S., Krapohl, E., von Stumm, S., O'Reilly, P. F., Rimfeld, K., Kovas, Y., ... Plomin, R. (2017). Predicting educational achievement from DNA. *Molecular Psychiatry*, 22(2), 267–272. <https://doi.org/10.1038/mp.2016.107>
- Shadrin, A. A., Smeland, O. B., Zayats, T., Schork, A. J., Frei, O., Bettella, F., ... Andreassen, O. A. (2018). Novel loci associated with attention-deficit/hyperactivity disorder are revealed by leveraging polygenic overlap with educational attainment.



- Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 57(2), 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2017.11.013>
- Smith-Woolley, E., Selzam, S., & Plomin, R. (2019). Polygenic score for educational attainment captures DNA variants shared between personality traits and educational achievement. *Journal of Personality and Social Psychology*, 117(6), 1145–1163. <https://doi.org/10.1037/pspp0000241>
- Social Science Genetic Association consortium. (2018). FAQs about “Genome-wide association analyses of risk tolerance and risky behaviors in over 1 million individuals identify hundreds of loci and shared genetic influences”. Repéré à <https://www.thessgac.org/faqs>
- Statistique Canada. (2017). Study: Young men and women without a high school diploma, 1990 to 2016. Repéré à <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/170504/dq170504b-eng.htm>
- Statistique Canada. (2019). Taux de chômage, taux d'activité et taux d'emploi selon le niveau de scolarité atteint, données annuelles. Repéré à <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tb11/fr/tv.action?pid=1410002001&pickMembers%5B0%5D=1.1&pickMembers%5B1%5D=2.10&pickMembers%5B2%5D=4.1&pickMembers%5B3%5D=5.3>
- Thibodeau, M. E., Lavoie, F., Hébert, M. et Blais, M. (2017). Pathways linking childhood maltreatment and adolescent sexual risk behaviors: The role of attachment security. *Journal of Sex Research*, 54(8), 994–1005. <https://doi.org/10.1080/00224499.2017.1316816>
- United States Census Bureau. (2019). Current Population Survey (CPS): Subject Definitions.
- Vaillancourt-Morel, M. P., Dugal, C., Poirier Stewart, R., Godbout, N., Sabourin, S., Lussier, Y., et Briere, J. (2016). Extradysadic sexual involvement and sexual compulsivity in male and female sexual abuse survivors. *Journal of Sex Research*, 53(4–5), 614–625. <https://doi.org/10.1080/00224499.2015.1061633>
- Vaughn, M. G., Salas-Wright, C. P. et Maynard, B. R. (2014). Dropping out of school and chronic disease in the United States. *Journal of Public Health*, 22(3), 265–270. <https://doi.org/10.1007/s10389-014-0615-x>
- Wertz, J., Caspi, A., Belsky, D. W., Beckley, A. L., Arseneault, L., Barnes, J. C., ... Moffitt, T. E. (2018). Genetics and Crime: Integrating New Genomic Discoveries Into Psychological Research About Antisocial Behavior. *Psychological Science*, 29(5), 791–803. <https://doi.org/10.1177/0956797617744542>
- Willms, J. D. et Shields, M. (1996). *A measure of socioeconomic status for the National Longitudinal Study of Children*. Report prepared for the Canadian National Longitudinal Study of Children.
- Wood, L., Kiperman, S., Esch, R. C., Leroux, A. J. et Truscott, S. D. (2017). Predicting dropout using student-and school-level factors: An ecological perspective. *School Psychology Quarterly*, 32(1), 35–49. <https://doi.org/10.1037/spq0000152>
- Zhang, J., Savla, J., & Cheng, H.-L. (2019). Cumulative risk and immigrant youth’s health and educational achievement: Mediating effects of inter- and intra-familial social capital. *Youth & Society*, 51(6), 793–813. <https://doi.org/10.1177/0044118x17717501>
- Zhu, B., Chen, C., Moyzis, R. K., Dong, Q., & Lin, C. (2014). Educational attainment-related loci identified by GWAS are associated with select personality traits and mathematics and language abilities. *Personality and Individual Differences*, 72, 96–

100. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2014.08.028>

**Table 1***Descriptive Information for Variables of Interest by Sex*

Variables	Range	Girls ( <i>n</i> = 426)	Boys ( <i>n</i> = 342)	Full Sample ( <i>n</i> = 768)
		M ( <i>SD</i> ) or %	M ( <i>SD</i> ) or %	M ( <i>SD</i> ) or %
School Dropout	0-1	6.6%	11.3%	7.6%
Academic Achievement	0-100	78.0 (8.7)	75.0 (11.0)	76.7 (9.9)
Behavioral School Disengagement	1-4	1.4 (.54)	1.5 (.52)	1.5 (.53)
School Attendance				
Missed school without a valid reason	1-4	1.4 (.66)	1.4 (.67)	1.4 (.66)
Skipped a class while you were at school	1-4	1.28 (.59)	1.25 (.56)	1.27 (.58)
Discipline				
Disrupted class on purpose	1-4	1.6 (.80)	1.9 (.91)	1.7 (.86)
Been rude to your teacher	1-4	1.5 (.76)	1.5 (.70)	1.5 (.74)
Grade Progress	-2-2	.18 (.56)	-.13 (.51)	-.15 (.53)

**Table 2***Correlation Matrix for Study Variables*

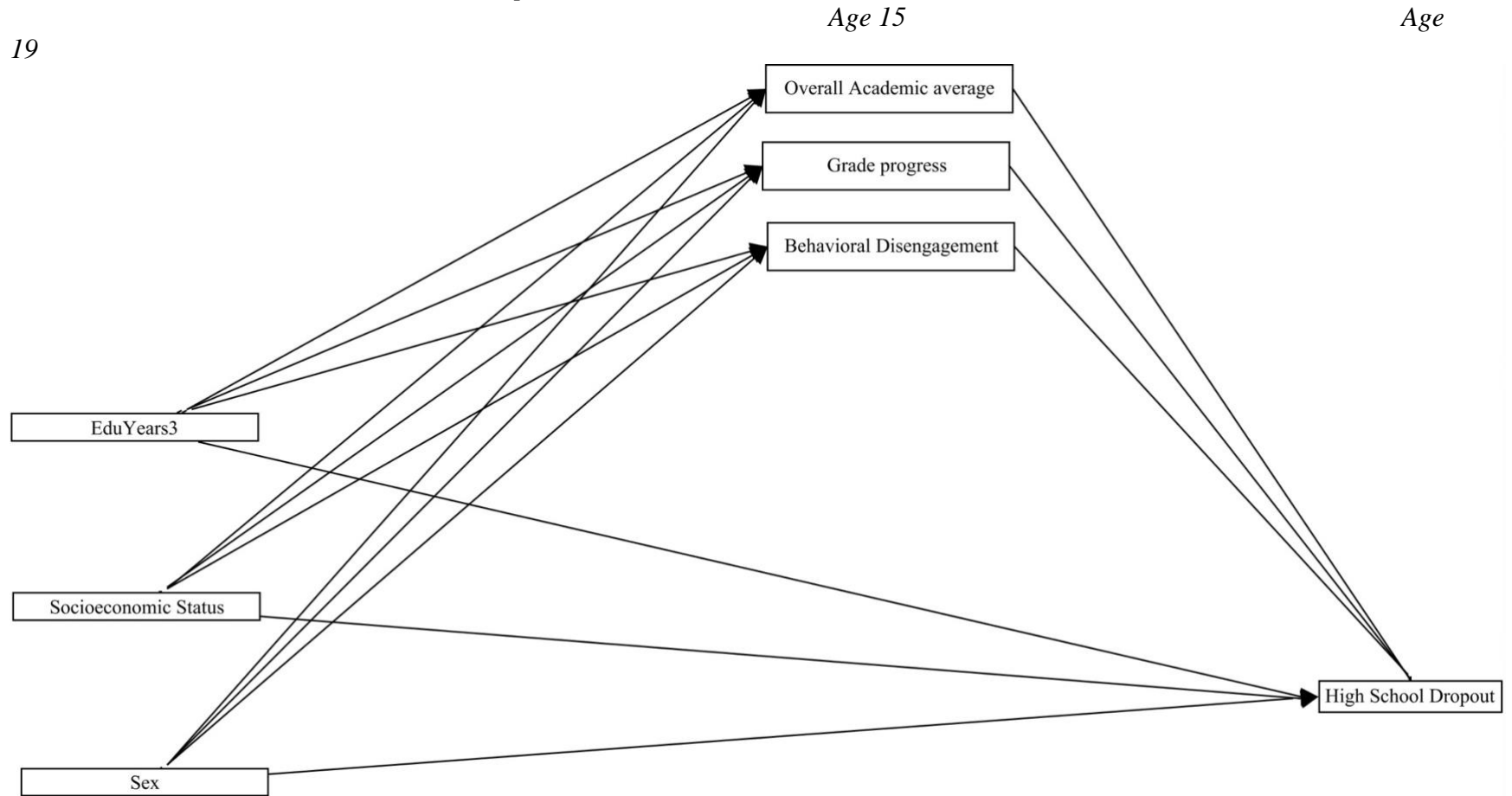
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1. EY3	-	-	-	-	-	-	-
2. Sex	-.01	-	-	-	-	-	-
3. Socio-economic Status	.34**	.03	-	-	-	-	-
4. Overall Academic Average	.27**	.15**	.34**	-	-	-	-
5. Behavioral School Disengagement	-.18**	-.05	-.24**	-.35**	-	-	-
6. Grade Progress	.14**	.04	.30**	.23**	-.24**	-	-
7. High School Dropout	-.17**	-.08**	-.28**	-.27**	.31**	-.39**	-

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

**Figure 1**

*Mediation Model of the Contribution of Overall Academic Average, Grade Progress and Behavioral School Disengagement in the Association Between EY3 and School Dropout*

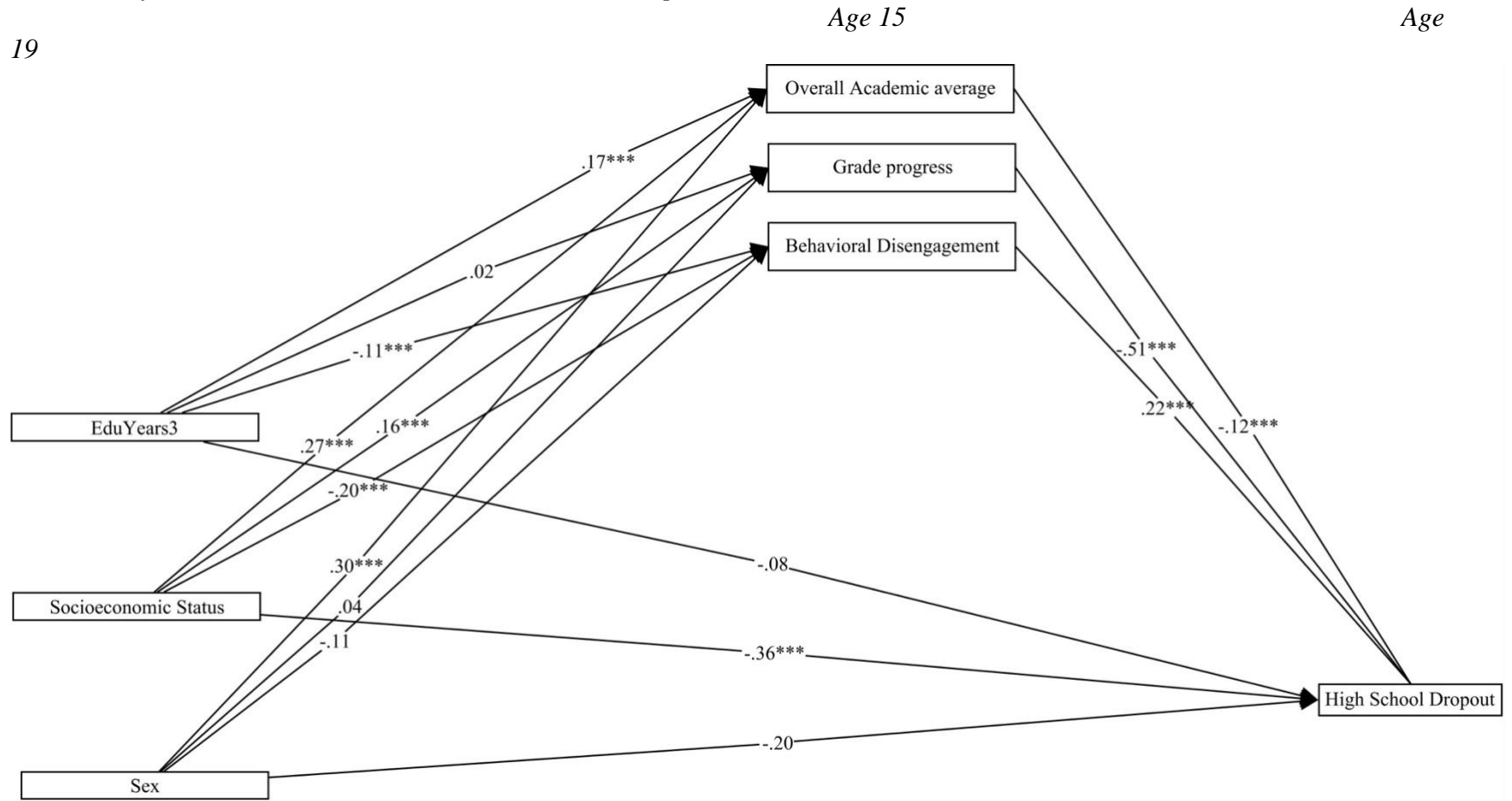
19



**Figure 2**

*Structural Equation Modeling of Overall Academic Average, Grade Progress and Behavioral School Disengagement as Mediators of the Association Between EY3 and School Dropout*

19



\*p < .05; \*\*\*p < .001

**Annexe A**  
Supporting information

**Table 3**

*Correlation Matrix for Study Variables when including individuals with a diploma of vocational studies (DVS) or a skills training certificate (STC) in the dropout group*

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
1. EY3	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Sex	-.01	-	-	-	-	-	-	-
3. Socio-economic status	.34**	.03	-	-	-	-	-	-
4. Overall Academic Average	.27**	.15**	.34**	-	-	-	-	-
5. Behavioral School Disengagement	-.18**	-.05	-.24**	-.35**	-	-	-	-
6. Grade progress	.14**	.04	.30**	.23**	-.24**	-	-	-
7. High School dropout <sup>2</sup>	-.17**	-.08**	-.28**	-.27**	.31**	-.39**	-	-
8. High School dropout <sup>3</sup>	-.17**	-.04	-.26**	-.23**	.29**	-.39**	.87**	-

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

<sup>2</sup>High school dropouts including individuals with a DVS and STC who do not have a high school diploma.

<sup>3</sup>High school dropouts excluding individuals with a DVS and STC.