

Rapport de recherche

PROGRAMME ACTIONS CONCERTÉES

Où ai-je la tête lorsque je conduis : quand TDAH et distraction au volant conduisent ensemble ?

Chercheur principal

Martin Lavallière, Université du Québec à Chicoutimi

Cochercheur.e.s

Julie Bouchard & Hector Ignacio Castellucci

Collaboratrices

Charlotte-Rose Deshaies, Audrey Fortin et Laurie Simard

Établissement gestionnaire de la subvention

Université du Québec à Chicoutimi

Numéro du projet de recherche

2023-0AQA-322493

Titre de l'Action concertée

Programme de recherche sur la sécurité routière

Partenaire(s) de l'Action concertée

La Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ)
et le Fonds de recherche du Québec – Société et culture (FRQSC)

Titre :

L'effet de la médication sur les performances de conduite des individus ayant un TDAH :
Une revue systématique de la littérature

Auteurs :

Audrey Fortin¹, Laurie Simard^{1,2}, Julie Bouchard^{1,2}, Hector Ignacio Castellucci³ & Martin Lavallière^{1,2*}

Auteur de correspondance* : martin_lavalliere@uqac.ca

Affiliation:

¹ Département des sciences de la santé, Université du Québec à Chicoutimi

² Laboratoire BioNR, & Centre intersectoriel en santé durable, Université du Québec à Chicoutimi

³ Universidad de Valparaíso, Chili

Introduction

Le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) est le trouble neurodéveloppemental le plus prévalent chez les enfants et les adolescents (Salari et al., 2023). En effet, la prévalence du TDA/H se situe entre 5-7 % à l'enfance (Faraone et al., 2021 ; Santosh et al., 2023). Même si ce trouble est souvent diagnostiqué à l'enfance, il persiste souvent à l'âge adulte avec une prévalence de 2,5 % pour la population adulte (Salari et al., 2023 ; Santosh et al., 2023 ; Sonuga-Barke et al., 2023). D'ailleurs, le TDAH est préoccupant puisque la prévalence du TDA/H a plus que triplé entre 1999 et 2012 au Québec (Vasiliadis et al., 2017).

Le TDAH est un trouble neurodéveloppemental se caractérisant par « un mode persistant d'inattention et/ou d'hyperactivité-impulsivité qui interfère avec le fonctionnement ou le développement » (American Psychiatric Association, 2015). Ce trouble se caractérise par des symptômes d'inattention, d'hyperactivité et d'impulsivité (American Psychiatric Association, 2015 ; INSP, 2019). En plus de ces symptômes de base, le TDAH peut aussi affecter plusieurs domaines comme la vigilance soutenue, les fonctions exécutives, la mémoire de travail et l'autorégulation (Luo et al., 2019). Les individus ayant un TDAH peuvent aussi présenter des impacts moteurs tels que des déficits de motricité (Pan et al., 2017) et des impacts psychosociaux comme l'augmentation du risque de développer d'autres troubles de santé mentale comme la dépression, l'anxiété et le trouble de l'usage de substances (Asherson et al., 2016; Dias et al., 2013 ; Dona et al., 2023 ; Ottosen et al., 2016). Les symptômes d'hyperactivité et d'impulsivité peuvent aussi mener vers des comportements risqués menant à un plus haut taux de dépendance au jeu (Shoham et al., 2021), de criminalité (Dalsgaard et al., 2013), d'accidents (Dalsgaard et al., 2015) et de morts prématurées (Ljung et al., 2014). Effectivement, selon Chang et ses collaborateurs (2014), le TDAH est associé à un risque accru d'accidents de transport graves.

D'ailleurs, plusieurs fonctions exécutives sont impliquées dans la conduite telles que l'attention soutenue, la mémoire de travail, la flexibilité mentale ainsi que l'inhibition (Walshe et al., 2017) alors que ces dernières peuvent être affectées chez ceux ayant un TDAH. En ce sens, il est important de noter que l'inattention et les distractions sont les raisons les plus communes pour les accidents de transport (Lam, 2002). Plusieurs auteurs ont documenté une association entre le TDAH et les collisions de la route (Barkley et Cox,

2007; Cox et al., 2011a; Cox et al., 2011b; Jerome et al., 2006) en lien avec les symptômes de base du TDAH (inattention, hyperactivité et impulsivité) et autres comportements liés (prise de risques, maîtrise faible de l'agressivité, utilisation de substance) (Barkley et Cox, 2007; Barkley, 2004). En effet, selon plusieurs études, les adultes ayant un TDAH sont plus à risque d'éprouver des problèmes associés à la conduite tels que plus d'amendes, de collisions, de blessures liées à la conduite et la suspension de leur permis de conduire (Barkley et al., 1996, 2002 ; Barkley et Cox, 2007 ; Fischer et al., 2007).

Cependant, quelques traitements s'offrent aux individus ayant un TDAH, incluant des traitements pharmacologiques, non pharmacologiques et/ou des traitements combinés (Dobrea et al., 2018). Les traitements pharmacologiques, utilisant des stimulants ou des non-stimulants (Corrigan et al., 2023), sont actuellement ceux qui présentent les résultats les plus probants pour diminuer les symptômes d'inattention et d'hyperactivité, d'impulsivité et améliorer les comportements associés au TDAH (Faraone et Buitelaar, 2010). Ces résultats concordent avec ceux de Santosh et ses collaborateurs (2023) qui affirment que ces traitements peuvent être très efficaces pour réduire les symptômes primaires du TDAH à long terme.

Un traitement utilisant un stimulant (méthylphénidate) serait associé avec une amélioration de la performance de conduite chez ceux ayant un TDAH autant en simulation (Jerome et al., 2006) que sur la route (Verster et al., 2008). Ces améliorations seraient attribuables à l'amélioration de certains symptômes du TDAH, notamment au symptôme d'inattention (Cox et al., 2011b). La médication semblerait donc diminuer les symptômes de base du TDAH et ainsi améliorer les performances de conduite de ceux ayant un TDAH.

L'objectif de cette revue systématique de la littérature est de synthétiser les écrits scientifiques actuels et de dresser un portrait plus récent des effets possibles de la médication sur les performances de conduite des individus ayant un TDAH.

Méthodologie

Comme la majorité de la littérature concernant l'effet de la médication sur la conduite des individus ayant un TDAH date provient des années 2000 à 2013 (Barkley et Cox, 2007; Cox et al, 2011b; Jerome et al, 2006), le but de cette revue est d'avoir un portrait plus récent de l'effet de la médication sur la conduite des individus ayant un TDAH entre les années 2014 et 2023.

La revue systématique a été conçue conformément aux principes de PRISMA (Page et al., 2021). Cette méthode permet de rapporter de manière transparente la raison de cette revue, ce que les auteurs ont fait et ainsi ce qu'ils ont trouvé (Page et al., 2021).

Les mots clés utilisés pour la recension des articles dans la base de données PubMed étaient les suivants : "Attention Deficit Disorder with Hyperactivity" OR "ADHD" OR "ADD" AND "Medication" OR "Stimulant" OR "Methylphenidate" AND "Driv*". Un filtre concernant l'année a aussi été ajouté afin de n'inclure que les articles entre 2014 et 2023 et d'ainsi exclure ceux antérieurs. Les listes de références des études incluses ont été utilisées afin d'identifier d'autres études pertinentes.

Le premier tri des articles repérés s'est effectué en double aveugle par trois chercheurs à l'aide de l'outil Rayyan (Kellermeyer et al., 2018). Ce dernier est un outil Web qui permet d'accélérer considérablement le processus de sélection des études tout en permettant à plusieurs réviseurs et/ou chercheurs de collaborer sur la même révision. Suite à la recherche dans PubMed avec les mots-clés, il s'agit d'ajouter les articles dans Rayyan affichant ainsi les titres et les résumés de chacun. Deux chercheurs pouvaient ensuite, individuellement, évaluer si les articles correspondaient aux critères d'inclusion (utilisation de médication pour le TDAH et évaluation de la performance de conduite) et d'exclusion (pas d'autres problèmes de santé physique/mentale et articles précédant 2013). Par la suite, les articles inclus par les deux chercheurs étaient les seuls conservés (le troisième chercheur intervenait en cas de conflits).

Les résultats de chaque article ont été extraits et regroupés en deux types d'articles : 1) les revues de littérature systématique et 2) les articles. De cette première distinction, ces derniers comprennent différentes méthodes d'évaluation : 1) sur simulateur 2) avec questionnaire, 3) sur route ou 4) avec des données rétrospectives d'accidentologie routière ou de contraventions au code de la route.

Résultats

Le diagramme de flux de la revue systématique (voir figure 1) permet de présenter les résultats obtenus par la stratégie de recherche reposant sur le guide de pratique PRISMA (Liberati et al., 2009). Au total, 573 enregistrements ont été identifiés (voir la Figure 1 pour plus de détails). Après une lecture du titre et du résumé de chaque article, 567 articles ont été exclus et 6 ont été conservés. À cela s'ajoutent 2 articles qui se sont démontrés pertinents et qui cadraient dans les critères d'inclusion établis à la lecture des références des articles conservés. Un total de 8 articles a donc été inclus dans la revue systématique (voir le Tableau 1 pour un sommaire des articles identifiés). La présentation des résultats se fera en première partie avec une présentation des résultats obtenus dans les recensions systématiques et par la suite avec les articles scientifiques originaux identifiés.

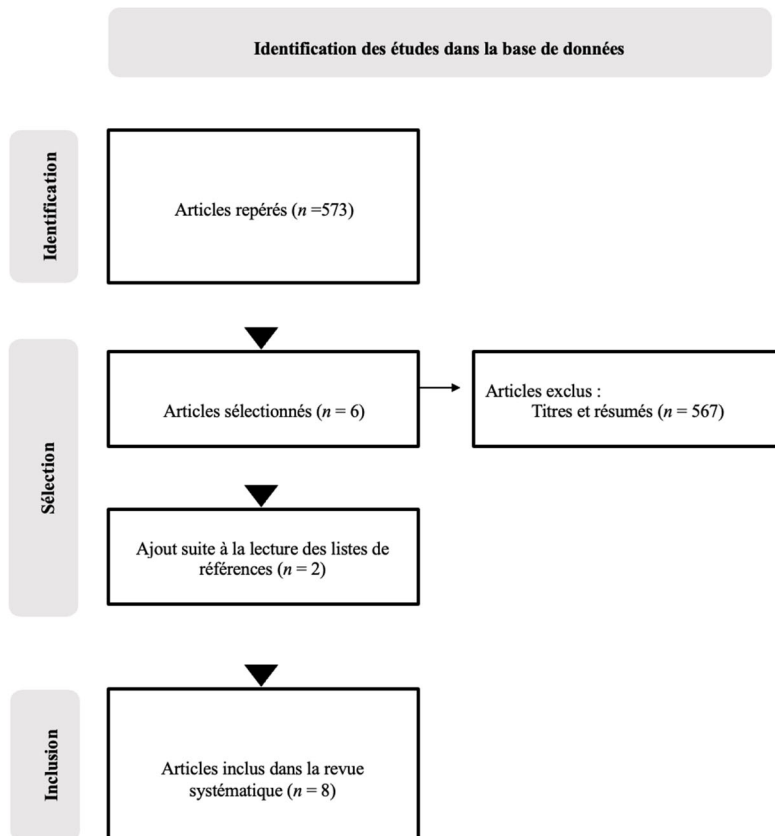


Fig. 1 – Diagramme de flux PRISMA

Figure 1. Diagramme de flux des papiers sélectionnés basé sur la méthode PRISMA.

Tableau 1. Sommaire des articles inclus dans la revue systématique

Références	Type de publications	N	h : f	Âge	Mx	N Mx
Gobbo et Louza, 2014 Brésil	Revue systématique de littérature	15 articles	—	—	MPH, MAS-XR, ATX et LDX	—
Pievsky et al., 2018 États-Unis	Méta-analyse	21 articles	—	—	—	—
Fuermaier et al., 2017 Pays-Bas et Allemagne	Recension des écrits	—	—	—	—	—
Surman et al., 2017 États-Unis	Revue de littérature	14 articles	—	—	—	—
Verster et Roth, 2014 Pays-Bas	Article	18	—	—	MPH	—
Winterstein et al., 2021 États-Unis	Article	2 049	1574 : 475	17.7 ±1.2	MPH, MAS-XR et ATX	1153
Chang et al., 2014 Suède	Article	17 408	10 528 : 6880	32±14	MPH, MAS-XR, ATX et DEX	10 545
Chang et al., 2017 Suède et États-Unis	Article	2 319 450	1 121 053 : 1 198 397	32.5±12. 8	MPH, MAS-XR, ATX et LDX	1 946 198

Légende: h:f : ratio hommes/femmes, Mx : médication, — : information non spécifiée, MPH : Méthylphénidate, MAS-XR : sels d'amphétamine mixtes, ATX : Atomoxétine, DEX : Dexamphétamine, LDX : Lisdexamphétamine

Revue systématique de littérature

Le but de l'étude de Gobbo et Louza (2014) était de réaliser une revue systématique afin d'évaluer l'influence des traitements pharmacologiques (stimulants et non stimulants) sur les performances de conduite des personnes ayant un TDAH. La revue comprend 15 études portant sur des individus âgés entre 17 et 38 ans comprenant diverses modalités d'évaluation de la conduite (Cox et al. 2000, 2004a, 2004b, 2006, 2008, 2012; Barkley et al. 2005, 2007; Biederman et al. 2012a, 2012b; Bjørkli et al. 2005; Kay et al. 2009; Mikami et al. 2009; Verster et al. 2008; Sobanski et al. 2013). En effet, la conduite était évaluée avec un simulateur de conduite (Cox et al., 2000, 2004b, 2006; Barkley et al., 2005, 2007; Biederman et al., 2012a, 2012b; Bjørkli et al., 2005; Kay et al., 2009; Mikami et al., 2009) sur route (Cox et al., 2004a, 2012; Verster et al., 2008; Sobanski et al., 2013) ou les deux (Cox et al., 2008). La médication utilisée était le méthylphénidate (MPH) avec différentes méthodes de libération selon l'étude, les sels d'amphétamine mixte à libération prolongée (MAS-XR), l'atomoxétine (ATX), le dexamphétamine (DEX) et le lisdexamfétamine (LDX).

Plusieurs études ont indiqué que l'utilisation de médication stimulante améliore la performance de conduite des individus ayant un TDAH. Dans les études ayant utilisé un simulateur, six ont eu des résultats positifs avec la médication mesurant différentes variables reflétant le contrôle de la direction, du freinage et du contrôle de la vitesse (Cox et al., 2000, 2004b, 2006; Barkley et al., 2005), la vitesse et le temps de réaction (Biederman et al., 2012a) et le nombre de contraventions et de collisions, le temps écoulé avant une collision et passé au-dessus de la limite de vitesse ainsi que le nombre d'incidents et de dépassements (Kay et al., 2009). En revanche, Bjørkli et al. (2005), Barkley et al. (2007) et Kay et al. (2009) n'ont pas obtenu de résultats significatifs sur simulateur. Enfin, ces études ayant utilisé la conduite sur route démontrent des résultats statistiquement significatifs en mesurant des variables telles que la vitesse (Cox et al., 2004a, 2008, 2012; Verster et al., 2008), la position latérale (Verster et al., 2008), l'attention (Cox et al., 2004a, 2008, 2012; Sobanski et al., 2013), l'orientation, la maîtrise de soi reliée aux risques, les compétences du conducteur (Sobanski et al., 2013) ainsi que l'impulsivité et les comportements de conduite à risque (Cox et al., 2004a, 2008, 2012).

La méta-analyse de Pievsky et al. (2018) avait comme objectif de quantifier l'effet du méthylphénidate, par rapport au placebo, sur la performance neurocognitive globale d'adultes ayant un TDAH et d'examiner les effets du méthylphénidate sur des domaines neurocognitifs spécifiques. Les études examinant les performances de conduite ont été incluses puisque ces résultats reflètent le fonctionnement des fonctions neurocognitives telles que le temps de réaction et la vigilance. Afin de répondre à l'objectif de cette revue systématique, seulement les études examinant l'aspect de conduite seront présentées. En ce sens, sur les 24 articles inclus dans la méta-analyse, les trois études portant sur la performance de la conduite ont été évaluées soit par simulateur (Cox et al., 2000; Barkley et al., 2005) ou sur route (Verster et al., 2008). Ces dernières sont aussi présentées dans la revue de Gobbo et Louza (2014) mentionnée ci-haut. En bref, les résultats de ces études révèlent que les adultes ayant un TDAH ont une meilleure performance à la conduite avec le méthylphénidate qu'avec le placebo.

La revue de littérature de Surman et al. (2017) avait comme objectif d'identifier les études indiquant les effets positifs ou négatifs des traitements pharmacologiques sur le comportement au volant des personnes ayant un TDAH. Comme les articles sont les mêmes que ceux présentés dans la revue systématique de Gobbo et Louza (2014), les résultats ne seront pas présentés à nouveau. Cependant, la structure de cette revue de littérature est différente en présentant les études selon celles qui ont utilisé l'observation sur route durant l'utilisation de la médication (Cox et al., 2004, 2008a, 2008b, 2012; Verster et al., 2008; Sobanski et al., 2013), celles qui ont utilisé un simulateur (Cox et al., 2000, 2004, 2006, 2008b; Barkley et al., 2005, 2007; Biederman et al., 2012; Bjørkli et al., 2005; Kay et al., 2009) tout en catégorisant selon les différentes médications utilisées et enfin, en présentant celles ayant également utilisé l'auto-observation (Cox et al., 2000, 2004, 2008a, 2012; Barkley et al., 2005, 2007; Bjørkli et al., 2005; Verster et al., 2008; Sobanski et al., 2013).

Fuermaier et al. (2017) avaient comme objectif de recenser la littérature afin de répondre à ces trois questions : 1) Est-ce que les individus ayant un TDAH présentent des niveaux accrus de conduite dangereuse? 2) Quelles sont les (dys)fonctions des individus ayant un TDAH qui sont reliés à la conduite dangereuse? 3) Quels sont les effets d'un

traitement pharmacologique sur les comportements de conduite des individus ayant un TDAH? Afin de répondre à l'objectif de cette revue systématique de la littérature, seulement la troisième question est pertinente. Fuermaier et al. (2017) soulèvent plusieurs études ayant adressé cette question (Barkley et al. 2005, 2007; Biederman et al. 2012a, b; Chang et al. 2014; Cox et al. 2000, 2004b, 2006, 2008b, 2012; Jerome and Segal 2001; Kay et al. 2009; Ludolph et al. 2009; Mikami et al. 2009; Sobanski et al. 2008, 2013; Verster and Cox 2008; Verster et al. 2008). Cependant, les auteurs de cette recension ne résument pas ces études et ne présentent que brièvement les résultats puisque Gobbo et Louza (2014) ont effectué une revue systématique de la littérature similaire où la majorité des études mentionnées ci-haut sont présentées (voir ci-haut).

Articles scientifiques originaux

Questionnaires

Pour débiter, l'étude de Vester et Roth (2014) ont mené une étude en double aveugle, contrôlée par placebo, randomisée et croisée qui avait pour but de mesurer directement les pertes d'attention et de les comparer avec le nombre de louvoisement (zigzague dans la voie de la voiture, « weaving ») et avec les résultats de la qualité de conduite subjective et de la vigilance. Des évaluations subjectives de la qualité de conduite et de l'efficacité mentale ont été effectuées directement après le test de conduite. En effet, les 18 adultes ayant un TDAH ont dû évaluer six dimensions de leur style de conduite étant la considération dangereux-sécuritaire, tendu-détendu, insensé-intelligent, irréfléchi-prévenant, imprévisible-prévisible et irresponsable-responsable (via une échelle visuelle analogue), leur niveau de somnolence (ARCI-49) et leur humeur (POMS-SF). Les évaluations ont été effectuées à quatre reprises étant juste avant le traitement, avant le test de conduite, après le test de conduite et à la fin de la journée d'essai.

Les patients ayant pris la médication ont mentionné que leur manière de conduire était moins imprévisible, moins dangereuse, moins insensée et moins tendue lors de la prise médicamenteuse. Ensuite, des effets de traitement significatifs ont été observés pour les sous-échelles POMS-SF sur la vigueur et la fatigue. Cependant, la plupart des sous-échelles du POMS-SF et de l'ARCI-49 n'ont montré aucune différence significative sur les sous-échelles de l'humeur entre le méthylphénidate et le placebo et ni pour la sous-échelle de

sédation de l'ARCI-49 et les scores sur l'échelle de mesure de la somnolence. Les résultats quantitatifs d'évaluation de la conduite seront présentés ci-bas.

Observations sur route

Pour continuer avec l'étude de Vester et Roth (2014), ils ont également utilisé l'observation sur route, en plus des questionnaires mentionnés ci-haut, afin d'évaluer la conduite des adultes ayant un TDAH. Ces derniers étaient évalués sur route alors qu'ils devaient conduire dans une position latérale stable en maintenant une vitesse constante de 95 km/h. En ce qui concerne le traitement, la médication (méthylphénidate) ou le placebo était administré 1,5 heure avant d'effectuer l'examen de conduite sur route. La dose administrée du stimulant était celle habituelle du patient.

Selon leurs résultats, le méthylphénidate améliore significativement les habiletés de conduite chez les patients ayant un TDAH. En effet, le nombre de louvoiements (« weaving ») de la voiture et le nombre de pertes d'attention ainsi que le temps total de ces dernières ont diminué. Ensuite, la qualité de la conduite a été significativement améliorée alors que l'effort mental de performer le test a été significativement réduit.

Données rétrospectives sur la sécurité routière

En ce qui concerne l'étude de Winterstein et al. (2021), elle avait comme objectif d'évaluer l'efficacité dans le monde réel des médicaments pour le TDAH sur les effets indésirables de la conduite chez les conducteurs adolescents atteints de TDAH. Leur échantillon était formé de 2049 patients âgés entre 15 à 20 ans ayant un TDAH et un permis de conduire. De ce nombre, 1153 ont été exposés à de la médication (méthylphénidate, un mélange de sels d'amphétamines ou de l'atomoxétine) durant le suivi. Ces derniers proviennent d'une cohorte rétrospective de patients provenant de fichiers médicaux entre janvier 1999 et juin 2004. L'accès au dossier permettant donc de faire l'évaluation en notant la présence de contraventions ou d'accidents.

Les résultats montrent que durant le suivi, 67 patients ont eu un accident alors que 319 ont reçu une contravention. Même si les périodes d'utilisation de médicaments pour le TDAH ont eu des taux bruts plus faibles d'accidents (3,0 par rapport à 3,4 accidents par 100 années-personnes) et de contraventions (18.8 vs 18.4 par 100 années-personnes), il n'y aurait pas d'effet thérapeutique. Leur étude n'a donc révélé aucune preuve que l'utilisation

de médicaments pour le TDAH était associée à une réduction du risque de résultats indésirables chez les conducteurs adolescents inscrits aux programmes Medicaid.

Ensuite, Chang et ses collaborateurs (2014) avaient comme objectif d'évaluer l'association entre le TDAH et le risque de collisions majeures et d'explorer dans quelle mesure les médicaments contre le TDAH influencent ce risque chez les patients atteints de TDAH. Leur échantillon comprend 17 408 (10 528H : 6880F) individus ayant un TDAH entre 18 et 46 ans provenant de plusieurs registres longitudinaux à propos de collisions avec blessés graves et/ou décès nécessitant une visite à l'urgence suite à l'accident, entre 2006 et 2009. Pour les hommes, 57.5% ont reçu de la médication pour leur TDAH (méthylphénidate, sels d'amphétamine mixtes, atomoxétine ou dexamphétamine) durant le suivi alors que 65.3% pour les femmes de l'échantillon.

Pour ce qui est des résultats explorant l'association entre les médicaments pour le TDAH et les collisions, lorsque le taux est comparé durant les périodes de médication et de non-médication chez ceux ayant un TDAH, la médication aurait permis de réduire le taux d'accident de 29% chez les hommes. Chez les femmes, l'association n'était pas statistiquement significative. De plus, à la suite d'une analyse individuelle comparant le risque entre les médicaments et les périodes non médicamentés, la médication aurait réduit de 58% le taux d'accident chez les hommes. L'association serait similaire chez les jeunes hommes et chez les hommes d'âge moyen, mais aucune association significative n'a été observée chez les femmes. En bref, la médication utilisée pour le TDAH a été associée à une réduction des taux d'accidents, même lorsqu'on utilise des analyses individuelles.

Enfin, Chang et al. (2017) avaient comme but d'explorer les associations entre l'utilisation de la médication pour le TDAH et les risques de collisions de la route chez des patients ayant un TDAH. Entre janvier 2005 et décembre 2014, ce sont 2 319 450 patients (1 121 053H: 1 198 397F) âgés entre 18 et 46 ans qui ont été suivis grâce à des données provenant des soins de santé commerciaux. Durant le suivi, 1 946 198 patients ont reçu au moins une prescription pour de la médication pour le TDAH (méthylphénidate, sels d'amphétamine mixtes, atomoxétine ou lisdexamphétamine).

Selon leurs résultats, la prise de médication pour le TDAH serait associée à un risque de collisions de la route de 12% inférieur chez les hommes ayant un TDAH et 14% chez les femmes ayant un TDAH. Ensuite, selon les analyses individuelles, les hommes ayant un TDAH seraient moins susceptibles à 38% d'avoir une collision durant la période de médication par rapport aux mois sans médication et chez les femmes, 42%. Cela suggère donc que l'utilisation de la médication pour le TDAH est associée à une diminution significative du risque d'être impliqué dans une collision de la route. Pour terminer, à long terme, il n'y a pas d'association significative entre l'utilisation de la médication et le bilan routier deux ans plus tard. En revanche, les analyses individuelles montrent que l'utilisation de la médication pour le TDAH est associée à un risque de 34% plus bas de collisions deux ans plus tard chez les hommes et de 27% chez les femmes ayant un TDAH.

Discussion

Cette revue systématique avait comme objectif de synthétiser les écrits scientifiques actuels et d'avoir un portrait plus récent de l'effet de la médication sur les performances de conduite des individus ayant un TDAH. En effet, la majorité des études à ce sujet ont été publiées entre les années 2000 et 2013. Au total, 8 publications ont été retenues sur les 573 enregistrements. De ce nombre, 4 sont des revues de la littérature et 4 sont des articles scientifiques originaux.

Dans l'ensemble, les résultats montrent que la médication associée au TDAH est bénéfique pour l'augmentation du niveau de sécurité routière des conducteurs. En ce qui concerne les revues systématiques de littérature, même si certains des travaux identifiés n'ont pas obtenu de résultats significatifs (Barkley et al., 2007; Bjørkli et al., 2005; Kay et al., 2009), plusieurs études ont obtenu des résultats positifs sur la conduite avec la médication, autant sur simulateur (Cox et al., 2000, 2004b, 2006, Barkley et al., 2005; Biederman et al., 2012a; Kay et al., 2009) que sur route (Cox et al., 2004b, 2008, 2012; Verster et al., 2008; Sobanski et al., 2013). Ensuite, les questionnaires utilisés dans l'étude de Vester et Roth (2014) ont permis de constater que les patients ayant pris la médication considèrent leur manière de conduire était moins imprévisible, moins dangereuse, moins insensée et moins tendue. Ce ne sont pas toutes les sous-échelles et les questionnaires qui ont obtenu des résultats significatifs, mais des effets de traitement significatifs ont été

observés pour les sous-échelles POMS-SF sur la vigueur et la fatigue (Vester et Roth, 2014). Pour cette même étude, le nombre de louvoiements (« weaving ») de la voiture, le nombre de pertes d'attention (« lapses ») ainsi que le temps total de ces dernières et l'effort mental ont diminué en plus d'avoir une amélioration significative de la qualité de conduite ce qui indique le méthylphénidate améliorerait significativement les habiletés de conduite chez les patients ayant un TDAH (Vester et Roth, 2014). Finalement, en ce qui a trait aux données rétrospectives, même si l'étude de Weinterstein et al. (2021) ont obtenu des taux bruts plus faibles d'accidents pendant les périodes de médication, il n'y aurait pas d'effet thérapeutique alors que les deux études de Chang et al. (2014; 2017) montrent que l'utilisation de médication pour le TDAH serait associée à un taux plus bas d'accidents.

Limitations des études incluses dans la revue systématique

Les articles présentés dans cette revue présentent toutefois certaines limitations. Pour débiter, le nombre d'études sur le sujet est assez limité et ces dernières sont principalement composées d'un échantillon de petite taille qui, parfois, n'est constitué que d'hommes ou sinon de peu de femmes (Fuermaier et al., 2017; Gobbo et Louza, 2014; Surman et al., 2017). Aussi, les études ayant inclus des adolescents et de jeunes adultes semblent avoir des résultats positifs contrairement aux études constituées d'adultes plus âgés (Gobbo et Louza, 2014). En effet, cela pourrait suggérer que ceux ayant moins d'expérience de conduite obtiennent de plus grands bénéfices de la médication que ceux avec plus d'expérience derrière le volant ou encore que ces derniers soient plus conscients de leurs symptômes et des impacts ce qui pourrait les encourager à conduire plus prudemment sans médication (Gobbo et Louza, 2014).

Ensuite, une limitation identifiée dans plusieurs études est l'adhérence à la médication (Chang et al., 2014; Chang et al., 2017; Fuermaier et al., 2017; Winterstein et al., 2021). En effet, ces études ne permettent pas d'évaluer l'impact de l'adhérence au traitement chez les personnes ayant un TDAH puisque la majorité des études ne quantifie pas la quantité, l'heure ou la prise médicamenteuse associée à la participation. Puisque la médication pour le TDAH a une pharmacodynamique et une pharmacocinétique qui lui est propre, il importe de mieux comprendre ces dernières et leurs impacts sur les effets de la médications sur la sécurité routière.

Pour terminer, les articles ayant utilisé des données rétrospectives (Winterstein et al., 2021; Chang et al., 2014; Chang et al., 2017) ont certaines limites en lien avec les sources des données utilisées. En effet, il n'est pas nécessairement possible de généraliser les résultats de ces études provenant de, par exemple, 1999 à 2004 (Winterstein et al., 2021) à des années plus récentes en raison des changements dans les schémas de prescription de la médication pour le TDAH ainsi que dans les technologies de simulation de conduite qui sont maintenant plus répandues et plus avancées.

Particularités et pistes d'interventions

Ces résultats offrent plusieurs opportunités d'intervention dans le cadre de recherches futures. Premièrement, il importe d'évaluer les programmes d'éducation et de sensibilisation offerts aux personnes avec TDAH afin de les sensibiliser à l'importance de la connaissance de leur état de santé sur leur sécurité routière. Il serait primordial que les professionnels et les cliniciens posant un diagnostic de TDAH informent leurs patients à propos des risques que peuvent apporter les déficits possibles de leur trouble (perception, attention, concentration) sur leur capacité à conduire (Romo et al., 2021). Il serait également bénéfique que les patients soient informés à propos de l'amélioration possible sur leur performance de conduite associée avec la médication pour le TDAH, comme le méthylphénidate (Barkley et Cox, 2007).

Toutefois, il ne faut pas négliger les particularités de la médication et les risques associés à la conduite. Lorsque l'on se penche sur la pharmacocinétique du méthylphénidate, sa durée d'action varie entre 1 à 4 heures (à libération immédiate) et de 8 à 12 heures (libération prolongée) ce qui détermine le nombre de prises dans la journée selon le type de libération. Comme les jeunes conducteurs sont à risque plus élevé de conduire tard le soir, les stimulants à libération immédiate ne feront normalement plus effet à ce moment de la journée, la médication à longue action serait donc plus indiquée (Jerome et al., 2006). Il faut être prudent quant au fonctionnement de la médication selon le type choisi et les besoins des patients puisque même si la médication à longue action est à privilégier pour la conduite de soir, son efficacité peut s'atténuer en fin d'après-midi et il n'est pas recommandé d'administrer un stimulant en après-midi ou en soirée dû à un risque d'insomnie (Haute autorité de santé, 2014).

Aussi, les comorbidités du TDAH doivent être prises en compte avant de déterminer quel traitement sera administré, comme le trouble de l'usage de substance (TUS). En effet, le taux d'abus de substance est élevé chez les adultes ayant un TDAH. La cause n'est pas très claire même si l'automédication, comme un traitement avec des stimulants, est une hypothèse (Wilens, 2004). Dans le traitement d'un individu ayant un TDAH et un TUS, la psychothérapie et la pharmacothérapie sont importantes et des options peuvent être privilégiées comme l'essai de non-stimulants avant des stimulants avec un potentiel d'abus.

Enfin, certaines avenues d'interventions s'offrent aux individus ayant un TDAH. Notamment, de combiner, à la médication pour le TDAH, une thérapie cognitivo-comportementale (TCC). Cette dernière peut permettre de traiter certains déficits liés au TDAH chez les adultes en développant des stratégies compensatoires efficaces ainsi que d'augmenter la prise de conscience sur des schémas inadaptés et de cibler des pensées, des cognitions et des émotions négatives dysfonctionnelles (Cherkasova et al., 2020). La combinaison de la médication et de la TCC entrainerait d'ailleurs des améliorations significatives par rapport aux symptômes du TDAH, des compétences organisationnelles et de l'estime de soi (Cherkasova et al., 2020). À notre connaissance, une telle avenue de traitement en lien avec la sécurité routière n'a jamais été évalué scientifiquement.

Conclusion

Cette revue systématique dresse un portrait actuel des études menées sur l'effet de la médication sur les performances de conduite des individus ayant un TDAH et leurs résultats qui, en général, montrent que la médication augmente les performances de conduite. Cette recension a tout de même confirmé que peu d'études ont été faites à ce sujet depuis 2014 en comparaison à celles datant des années 2000-2013. Compte tenu des limitations des études présentées, on ne peut pas généraliser les résultats à tous les individus ayant un TDAH, mais les résultats restent tout de même encourageants. De futures études seraient nécessaires afin d'approfondir les effets que peuvent apporter la médication sur les performances de conduite chez des populations en minorité dans les études telles que les femmes et les adultes d'âge moyen ayant un TDAH.

Contributions des auteurs

Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale de ce manuscrit.

Financement

Ce projet de recherche est financé par le Fonds de recherche du Québec —Société et culture (FRQSC) dans le cadre du programme Actions concertées : Programme de recherche sur la sécurité routière (2023-0AQS-322493).

Approbation éthique et consentement à participer

Non applicable.

Consentement pour publication

Non applicable.

Intérêts concurrents

Les auteurs déclarent ne pas avoir d'intérêts concurrents.

Annexes

Tableau 1. Sommaire des études incluses

	Revue systématique de littérature				Articles			
	Gobbo et Louza, 2014	Pievsky et al., 2018	Fuermaier et al, 2015	Surman et al, 2017	Verster et Roth, 2014	Winterstein et al., 2021	Chang et al., 2014	Chang et al., 2017
Objectif	To conduct a systematic review of the influence of stimulant and non-stimulant drug treatments on driving performance in people with ADHD.	The primary aim of the present study was to quantify the effect of MPH, as compared with placebo, on the overall neurocognitive performance of adults with ADHD across double-blind randomized controlled trials. A secondary aim was to examine the effects of MPH on specific neurocognitive	In the present study, a selective review of the literature on driving-related difficulties associated with ADHD is performed, seeking to answer whether individuals with ADHD show increased levels of unsafe driving behaviours, which cognitive (dys)functions of individuals with ADHD are related to driving difficulty, and whether pharmacological treatment significantly improves the driving behaviour of individuals with ADHD.	We therefore undertook a review to identify the evidence base to date indicating positive or negative effects of pharmacotherapies on driving behavior in individuals with ADHD. We undertook a literature search to identify (1) the kinds of driving behaviors or adverse driving experiences these studies were designed to evaluate, (2) the evidence that pharmacotherapy modifies these driving behaviors and adverse experiences, and (3) implications for clinical care of individuals with ADHD.	The current reanalysis of these data aims to measure lapses directly and compare them with the SDLP and the outcomes of subjective driving quality and alertness.	To evaluate the real-world effectiveness of ADHD medications on adverse driving outcomes in teenage drivers with ADHD.	To estimate the association between ADHD and the risk of serious transport accidents and to explore the extent to which ADHD medication influences this risk among patients with ADHD.	To explore associations between ADHD medication use and risk of MVCs in a large cohort of patients with ADHD.

		domains, with particular attention to reaction time variability, intelligence/achievement, vigilance, working memory, and response inhibition.						
Structure	<ul style="list-style-type: none"> • Intro • Experimental procedures • Results • Discussion 	<ul style="list-style-type: none"> • Intro • Method • Results • Discussion • Conclusions 	<ul style="list-style-type: none"> • Intro • Method • Results and discussion • General conclusion 	<ul style="list-style-type: none"> • Intro • Observation of On-Road Driving During Pharmacologic Treatment for ADHD • Measures of Simulated Driving During Pharmacologic Treatment for ADHD (Methylphenidate, amphetamine, atomoxetine) 	<ul style="list-style-type: none"> • Intro • Methods • Results • Discussion 	<ul style="list-style-type: none"> • Intro • Methods • Results • Discussion • Conclusion 	<ul style="list-style-type: none"> • Intro • Methods • Results • Discussion • Conclusion 	<ul style="list-style-type: none"> • Intro • Methods • Results • Discussion • Conclusion

				<ul style="list-style-type: none"> • Self-Observation of Driving During Pharmacologic Treatment for ADHD • Applicability of Measured Driving Behaviors to ADHD-Related Driving Impairments • Generalizability of Evidence from Studies for Clinical Practice • Conclusion 				
Méthodologie	<ul style="list-style-type: none"> • PRISMA. • March 2013. • Trough databases. • Studies that met our inclusion and exclusion criteria were read in full by both authors. • Reference lists were also checked to identify other relevant studies. 	<ul style="list-style-type: none"> • Meta-analysis of double-blind randomized controlled trials • PsycINFO, MEDLINE, CINAHL, Cochrane Central Register of Controlled Trials, ERIC, and ClinicalTrials.gov databases. • November 2016. 	<ul style="list-style-type: none"> • Databases • September 2015 • Reference lists 	<ul style="list-style-type: none"> • PubMed • We also searched references listed by any relevant publications we identified. 	<ul style="list-style-type: none"> • Double-blind • Placebo-controlled • Randomized • Crossover design • Driving and medication 	<ul style="list-style-type: none"> • Retrospective population-based cohort of ADHD patients established from the Medicaid Analytic eXtract (MAX) files for a larger federally funded project. • We extracted a subcohort of enrollees aged 15 to 20 years, covered under the Medicaid fee for service program in Florida between January 1999 and June 2004 	<ul style="list-style-type: none"> • Data from several longitudinal population-based registers in Sweden • These patients were observed from January 1, 2006, through December 31, 2009 (48 months), for any serious transport accident via the Patient Register and Cause of Death Register. • The Prescribed Drug Register was used to obtain information on all prescribed medications since July 2005. 	<ul style="list-style-type: none"> • We used data from the Truven Health Analytics MarketScan Commercial Claims and Encounters databases. • We followed up each patient from the index date or age 18 years, whichever occurred later, until the first disenrollment or December 31, 2014, whichever occurred first.

Mots clés	<ul style="list-style-type: none"> ADHD ADD Driving Car Drive Driver Medication Simulator Attention deficit hyperactivity disorder Attention deficit disorder Stimulants Psychostimulants Randomized controlled trials Clinical trials Methylphenidate Amphetamines Lisdexamfetamine Atomoxetine Bupropion Antidepressants 	<ul style="list-style-type: none"> Methylphenidate Adult Variations of ADHD Variations on randomized controlled trial paired with neuropsych* Cognitive test 	<ul style="list-style-type: none"> ADHD ADD Adulthood Driving Traffic Mobility Accidents Speeding 	<ul style="list-style-type: none"> ADHD ADD [attention-deficit disorder] Driving. 	<ul style="list-style-type: none"> ADHD Methylphenidate Drivin Lapse SDLP 	<ul style="list-style-type: none"> Cohort Study Adolescent ADHD Pharmacological treatment Driving safety Epidemiology 		
Critères d'inclusion	<ul style="list-style-type: none"> Randomized controlled trials (RCTs) that evaluated the influence of stimulant or non-stimulant drugs on driving performance in individuals with ADHD. 	<ul style="list-style-type: none"> Participants were 18 years or older. Participants were diagnosed with ADHD per DSM-III, -III-R, -IV, or -IV-TR criteria or using validated measures assessing DSM criteria. Participants' neurocognitive performance was assessed 	<ul style="list-style-type: none"> The literature was considered for inclusion if the study addressed one of the research questions. If they were written in English. Were peer reviewed. Included a sample of adults formally diagnosed with ADHD. Investigated driving behaviour by means of either self-reports, informant reports, 			<ul style="list-style-type: none"> 15 to 20 years old. Had an active ADHD diagnosis, defined by having at least one inpatient or outpatient encounter with ICD-9-CM diagnostic code for ADHD (314.xx) that had occurred within 1 year. Had at least 6-month continuous enrollment to assess baseline demographic and 		

		<p>both on MPH and placebo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Studies were double-blind randomized controlled trials. 	<p>official reports, driving simulators or on-road driving tests.</p>			<p>clinical characteristics.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Had a valid Florida noncommercial Class E or Class E-Learner driver's license with a valid Florida city and zip code in the licensee's registered address. 		
<p>Critères d'exclusion</p>	<p>Case reports, reviews, observational trials, case series, studies without drug treatments, studies that did not use a simulator or a car to evaluate driving performance, or studies on the influence of alcohol or other illicit drugs on driving performance.</p>	<p>Books, magazine articles, and dissertations, as well as sources not in English.</p>		<p>We restricted our review to articles that demonstrated reproducible criteria to identify ADHD in participants and evaluated the effects of a pharmaceutical on measures of road driving or simulated driving behavior or on measures of adverse driving outcomes.</p>				
<p>Études incluses/résultats</p>	<p>345 studies found by databases: 317 exclus, 28 encore après lecture = 14 études en lien avec critères + 1 trouvé suite à lecture des références donc = 15 études.</p> <p>Age = 17 et 20-38 ans</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cox et al. (2000) • Cox et al., (2004a) • Cox et al. (2004b) • Cox et al. (2006) • Cox et al. (2008) 	<p>24 studies (Barkley et al., 2005; Agay et al., 2014, 2010; Kuperman et al., 2001; Biehl et al., 2016; Levin et al., 2001; Verster et al., 2008, 2010; Verster and Roth, 2014; Biederman et al., 2011; Boonstra et al., 2005; Bouffard et al., 2003; Bron et al., 2014; Cox et al., 2000; Epstein et al., 2007; Goodman et al., 2017; Kinsbourne et al., 2001; Kollins et al., 2013; Merkel et al.,</p>	<p>Several studies have addressed the question of whether pharmacological treatments affect driving abilities of individuals with ADHD</p> <p>18 studies (Barkley et al. 2005, 2007; Biederman et al. 2012a, b; Chang et al. 2014; Cox et al. 2000, 2004b, 2006b, 2008b, 2012; Jerome and Segal 2001; Kay et al. 2009; Ludolph et al. 2009; Mikami et al. 2009; Sobanski et al. 2008, 2013; Verster and Cox 2008; Verster et al. 2008).</p>	<p>14 studies A recent review by Gobbo and Louza offered a particularly systematic summary that included a thoughtful review of these 14 studies.</p>	<p>Methylphenidate significantly improves driving ability in patients with ADHD.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Both a reduction in SDLP ($P = 0.006$) and the number of lapses ($P = 0.003$) confirm this significant improvement, which is further supported by 	<ul style="list-style-type: none"> • A total of 2,049 patients had 67 crashes and 319 citations. Adjusted hazard ratios comparing ADHD medication use versus no use were 1.22 (95% confidence interval [CI] = [0.66, 1.90]) and 0.89 (95% CI = [0.69, 1.13]) for crashes and citations, respectively. • In that study, treated ADHD patients ($N = 57$) had a slightly 	<ul style="list-style-type: none"> • Compared with individuals without ADHD, male patients with ADHD (adjusted hazard ratio, 1.47; 95% CI, 1.32-1.63) and female patients with ADHD (1.45; 1.24-1.71) had an increased risk of serious transport accidents. • In male patients with ADHD, medication was associated with a 58% risk 	<ul style="list-style-type: none"> • In the within-individual analyses, male patients with ADHD had a 38% (odds ratio, 0.62; 95% CI, 0.56-0.67) lower risk of MVCs in months when receiving ADHD medication compared with months when not receiving medication, and female patients had a 42% (odds ratio, 0.58; 95% CI, 0.53-0.62) lower risk of MVCs in months

<ul style="list-style-type: none"> • Cox et al. (2012) • Barkley et al. (2005) • Barkley et al. (2007) • Bjørkli et al. (2005) • Verster et al. (2008) • Kay et al. (2009) • Mikami et al. (2009) • Biederman et al. (2012a) • Biederman et al. (2012b) • Sobanski et al. (2013). 	<p>2000; Overtoom et al., 2009; Tenenbaum et al., 2002; Turner et al., 2005)</p>	<p>In this respect, Gobbo and Louza (2014) performed recently a systematic review of the literature in which they summarized elegantly the pharmacological treatments effects on driving behaviour of individuals with ADHD.</p>			<p>subjective assessments of perceived driving performance.</p> <ul style="list-style-type: none"> • After methylphenidate, driving quality was significantly improved ($P = 0.023$), and mental effort to perform the test was significantly reduced ($P = 0.022$). • Their driving style was significantly less unpredictable ($P = 0.004$), less dangerous ($P = 0.043$), less foolish ($P = 0.034$), and less tensed ($P = 0.005$). • Most subscales of the POMS-SF and ARCI-49 showed no significant differences on the mood subscales between methylphenidate and placebo. • Significant treatment effects were found for POMS-SF subscales on vigor ($P = 0.034$) and fatigue ($P = 0.045$). 	<p>increased but not statistically significant crash risk compared with nontreated patients (incident rate ratio = 1.33, 95% CI = [0.85, 2.08]; Aduen et al., 2018).</p>	<p>reduction (hazard ratio, 0.42; 95% CI, 0.23-0.75), but there was no statistically significant association in female patients.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estimates of the population-attributable fractions suggested that 41% to 49% of the accidents in male patients with ADHD could have been avoided if they had been receiving treatment during the entire follow-up. 	<p>when receiving ADHD medication.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Similar reductions were found across all age groups, across multiple sensitivity analyses, and when considering the long-term association between ADHD medication use and MVCs. • Estimates of the population-attributable fraction suggested that up to 22.1% of the MVCs in patients with ADHD could have been avoided if they had received medication during the entire follow-up.
---	--	--	--	--	---	--	---	---

<p>Limitations</p>	<ul style="list-style-type: none"> The relatively small number of RCTs prevents us from drawing clear conclusions. Although we reviewed 15 studies, three of these studies used the same sample to examine additional influences of drug treatments on driving performance. <p>1. Furthermore, most studies employed small sample sizes (i.e., less than 20 subjects); only five studies employed sample sizes larger than 30 subjects. So, effect sizes should be interpreted with caution as they could be biased due to the small sample size of most of the trials.</p> <p>2. We observed that RCTs that included teenagers and young adults with ADHD tended to yield positive results, whereas studies</p>	<ul style="list-style-type: none"> Protocol was unregistered, there is increased risk of selective reporting. 15 studies eliminated because they were not in English, but they were probably appropriate. In the crossover studies reviewed, although carryover effects were reduced through counterbalancing, they cannot be entirely ruled out. The process of assigning a primary neurocognitive domain to each measure was a subjective one, which may have affected the results. 	<ul style="list-style-type: none"> Small sample sizes Biaised selection of participants (recent history of driving mishaps and a predominance of male young participants) Unclear randomization procedures, failure to assess medication adherence, absence of placebo groups or placebo conditions and the absence of control groups without ADHD. 			<ul style="list-style-type: none"> Not powered to adequately assess the effect of ADHD treatment on crashes, Generalizations of our findings to other patient groups should be made with caution, data from 1999 to 2004 may not be generalizable (ADHD medication have changed and driver assistance technologies) Cannot determine whether and when medications are taken. 	<ul style="list-style-type: none"> Might be affected by poor medication adherence. Not able to explore the specific effect of nonstimulant medication or compare different types of medication. Used emergency hospital visits or deaths due to transport accidents as our primary outcome. Which is a serious outcome. No information on who was responsible for an accident, we found no statistically significant evidence that medication was associated with serious transport accidents in female patients with ADHD. The findings are based on Swedish population data, and generalizations across cultures and countries should be made with caution. 	<ul style="list-style-type: none"> We could not account for all of the possible confounders that select individuals into treatment. No association between SSRI use and MVCs in men but observed a moderate association between SSRI use and MVCs in women, which was substantially weaker than the association with ADHD medication. The use of ADHD medication was measured by filled prescriptions and defined at the monthly level so no idea if everybody took their medication everyday. Crashes that did not require medical services (eg, less severe crashes or some fatal crashes) were not included in our study. The findings are based on data for patients with commercial health insurance and generalizations to other patient groups should be made with caution.
--------------------	---	---	--	--	--	---	---	---

	<p>that included older adults with ADHD tended to yield negative results.</p> <p>A) This observation suggests that less-skilled drivers may derive greater benefits from psychostimulants than more-skilled drivers.</p> <p>B) Furthermore, experienced adult drivers with ADHD may be more aware of their symptoms and limitations and therefore may drive more carefully even without medications.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Therefore, it is difficult to extrapolate findings from studies that primarily used male patients to the female population. 							
Conclusions/autres commentaires	Both stimulant and non-stimulant drugs	This study found that MPH improved the performance of adults with ADHD	Pharmacological treatment of ADHD, in particular stimulant drug treatment, appears to be beneficial regarding driving difficulties experienced by individuals with ADHD.	Pharmacologic effects on driving are measurable in individuals with ADHD, with more investigation to date for stimulant interventions than	This study confirms previous findings that methylphenidate treatment significantly	In this sample of publicly insured teenage drivers, our study found no evidence that ADHD	We found that ADHD was associated with an increased risk of serious transport	In a large, national sample of patients with ADHD in the United States, medication use for

<p>are efficacious in the treatment of ADHD.</p> <p>ADHD subtypes and the presence of comorbidities were not considered in most studies.</p> <p>In the studies included in the present review, driving performance was evaluated in either cars or driving simulators.</p> <p>None of the reviewed studies considered the role of motor coordination in driving performance.</p> <p>The financing of drug trials by the</p>	<p>on objective neurocognitive measures and on tests of driving. These results suggest that MPH is an effective treatment for ADHD in adults that can improve processes re- lated to attention and concentration.</p>	<p>However, previous studies have numerous methodological weaknesses that should be considered. Furthermore, more research on non-pharmacological interventions is desirable.</p>	<p>atomoxetine. While many studies demonstrate effects categorized as favorable, the evidence that these interventions actually improve driving safety is less clear. Our review suggests significant room for work developing and using measures of ADHD-specific impairment and operationalizing personalization of clinical interventions. With further development, tools such as driving behavior questionnaires and in-car monitoring systems could be leveraged to give clinicians critical information to help optimize treatments. While studies on the impact of pharmacotherapy on driving have largely been conducted by the pharmaceutical industry, safety on the roads is a public health problem. Studies on the effect of long-acting nonstimulant agents might demonstrate whether they can cover critical periods of time that stim- ulants do not, and patterns of positive or adverse effects on driving. Further</p>	<p>improves driving performance of individuals with ADHD.</p>	<p>medication use can reduce the risk of crashes and citations. Future studies with larger sam- ple size, proper definition of at-risk population, valid outcome ascertainment, and rigorous confounding control are needed to further elucidate the real- world effectiveness of ADHD treatment on driving performance among teenagers.</p>	<p>accidents and that ADHD medication use was associated with a reduced rate of accidents among male adult patients with ADHD. The association between ADHD and serious transport accidents does not by itself justify withholding a driver's license; nevertheless, our findings suggest that a large number of injuries and deaths due to traffic accidents associated with ADHD were con- ferred to periods when patients were off medication.</p>	<p>the disorder was associated with a reduced risk of MVCs in men and women in the short term and the long term. These findings call attention to a prevalent and preventable cause of mortality and morbidity among patients with ADHD. If replicated, our results should be considered along with other potential benefits and harms associated with ADHD medication use.</p>
---	---	---	--	---	--	---	---

	<p>pharmaceutical companies may influence the results by favoring the drug of the manufacturer.</p>			<p>research may also emphasize which behaviors, daytime periods, or driving conditions are the most important targets for intervention to reduce adverse driving outcomes in individuals with ADHD.</p>			<p>Clinicians should consider informing patients about the increased risk for transport accidents associated with ADHD,³⁴ as well as possible benefits of ADHD medication. This would not only provide opportunities to reduce morbidity and mortality for patients with ADHD but also contribute to the public's safety in transport.</p>	
--	---	--	--	---	--	--	---	--

Références

- American Psychiatric Association. (2015). *Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (DSM-5)* (5e éd.). Issy-Les-Moulineaux, France : Elsevier Masson.
- Asherson, P., Buitelaar, J., Faraone, S. V., & Rohde, L. A. (2016). Adult attention-deficit hyperactivity disorder: key conceptual issues. *The lancet. Psychiatry*, 3(6), 568–578. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(16\)30032-3](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(16)30032-3)
- Barkley, R. A., Murphy, K. R., & Kwasnik, D. (1996). Motor vehicle driving competencies and risks in teens and young adults with attention deficit hyperactivity disorder. *Pediatrics*, 98(6 Pt 1), 1089–1095.
- Barkley, R. A., Murphy, K. R., Dupaul, G. I., & Bush, T. (2002). Driving in young adults with attention deficit hyperactivity disorder: knowledge, performance, adverse outcomes, and the role of executive functioning. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 8(5), 655–672. <https://doi.org/10.1017/s1355617702801345>
- Barkley, R.A., 2005. Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A Handbook for Diagnosis and Treatment, 3rd ed. Guilford, New York.
- Barkley, R. A., Anderson, D. L., & Kruesi, M. (2007). A pilot study of the effects of atomoxetine on driving performance in adults with ADHD. *Journal of attention disorders*, 10(3), 306–316. <https://doi.org/10.1177/1087054706292122>
- Barkley, R. A., & Cox, D. (2007b). A review of driving risks and impairments associated with attention-deficit/hyperactivity disorder and the effects of stimulant medication on driving performance. *Journal of safety research*, 38(1), 113–128. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2006.09.004>
- Biederman, J., Fried, R., Hammerness, P., Surman, C., Mehler, B., Petty, C. R., Faraone, S. V., Miller, C., Bourgeois, M., Meller, B., Godfrey, K. M., & Reimer, B. (2012). The effects of lisdexamfetamine dimesylate on the driving performance of young adults with ADHD: a randomized, double-blind, placebo-controlled study using a validated driving simulator paradigm. *Journal of psychiatric research*, 46(4), 484–491. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2012.01.007>
- Biederman, J., Fried, R., Hammerness, P., Surman, C., Mehler, B., Petty, C. R., Faraone, S. V., Miller, C., Bourgeois, M., Meller, B., Godfrey, K. M., Baer, L., & Reimer, B. (2012b). The effects of lisdexamfetamine dimesylate on driving behaviors in young adults with ADHD assessed with the Manchester driving behavior questionnaire. *The Journal of adolescent health : official publication of the Society*

for *Adolescent Medicine*, 51(6), 601–607.
<https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2012.03.005>

- Björkli, C., Flø, M., Jenssen, G.D., Ryum, T., Zeiner, P., 2005. Assessment of Fitness-to-drive Amongst Patients with Learning Difficulties.
- Chang, Z., Lichtenstein, P., D'Onofrio, B. M., Sjölander, A., & Larsson, H. (2014). Serious transport accidents in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder and the effect of medication: a population-based study. *JAMA psychiatry*, 71(3), 319–325. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2013.4174>
- Chang, Z., Quinn, P. D., Hur, K., Gibbons, R. D., Sjölander, A., Larsson, H., & D'Onofrio, B. M. (2017). Association Between Medication Use for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder and Risk of Motor Vehicle Crashes. *JAMA psychiatry*, 74(6), 597–603. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2017.0659>
- Cherkasova, M. V., French, L. R., Syer, C. A., Cousins, L., Galina, H., Ahmadi-Kashani, Y., & Hechtman, L. (2020). Efficacy of Cognitive Behavioral Therapy With and Without Medication for Adults With ADHD: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Attention Disorders*, 24(6), 889–903. <https://doi.org/10.1177/1087054716671197>
- Corrigan, N., Păsărelu, C.-R., & Voinescu, A. (2023). Immersive virtual reality for improving cognitive deficits in children with adhd: a systematic review and meta-analysis. *Virtual Reality*, 1-20, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00768-1>
- Cox, D. J., Merkel, R. L., Kovatchev, B., & Seward, R. (2000). Effect of stimulant medication on driving performance of young adults with attention-deficit hyperactivity disorder: a preliminary double-blind placebo controlled trial. *The Journal of nervous and mental disease*, 188(4), 230–234. <https://doi.org/10.1097/00005053-200004000-00006>
- Cox, D. J., Humphrey, J. W., Merkel, R. L., Penberthy, J. K., & Kovatchev, B. (2004a). Controlled-release methylphenidate improves attention during on-road driving by adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *The Journal of the American Board of Family Practice*, 17(4), 235–239. <https://doi.org/10.3122/jabfm.17.4.235>
- Cox, D. J., Merkel, R. L., Penberthy, J. K., Kovatchev, B., & Hankin, C. S. (2004b). Impact of methylphenidate delivery profiles on driving performance of adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder: a pilot study. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 43(3), 269–275. <https://doi.org/10.1097/00004583-200403000-00007>
- Cox, D. J., Merkel, R. L., Moore, M., Thorndike, F., Muller, C., & Kovatchev, B. (2006). Relative benefits of stimulant therapy with OROS methylphenidate versus mixed

- amphetamine salts extended release in improving the driving performance of adolescent drivers with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatrics*, 118(3), e704–e710. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-2947>
- Cox, D. J., Mikami, A. Y., Cox, B. S., Coleman, M. T., Mahmood, A., Sood, A., Moore, M., Burket, R., & Merkel, R. L. (2008a). Effect of long-acting OROS methylphenidate on routine driving in young adults with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 162(8), 793–794. <https://doi.org/10.1001/archpedi.162.8.793>
- Cox, D. J., Moore, M., Burket, R., Merkel, R. L., Mikami, A. Y., & Kovatchev, B. (2008b). Rebound effects with long-acting amphetamine or methylphenidate stimulant medication preparations among adolescent male drivers with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of child and adolescent psychopharmacology*, 18(1), 1–10. <https://doi.org/10.1089/cap.2006.0141>
- Cox, D. J., Cox, B. S., & Cox, J. (2011a). *Self-Reported Incidences of Moving Vehicle Collisions and Citations Among Drivers With ADHD: A Cross-Sectional Survey Across the Lifespan*. *American Journal of Psychiatry*, 168(3), 329–330. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2010.10091355>
- Cox, D. J., Madaan, V., & Cox, B. S. (2011b). Adult attention-deficit/hyperactivity disorder and driving: why and how to manage it. *Current psychiatry reports*, 13(5), 345–350. <https://doi.org/10.1007/s11920-011-0216-0>
- Cox, D. J., Davis, M., Mikami, A. Y., Singh, H., Merkel, R. L., & Burket, R. (2012). Long-acting methylphenidate reduces collision rates of young adult drivers with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of clinical psychopharmacology*, 32(2), 225–230. <https://doi.org/10.1097/JCP.0b013e3182496dc5>
- Dalsgaard, S., Mortensen, P. B., Frydenberg, M., & Thomsen, P. H. (2013). Long-term criminal outcome of children with attention deficit hyperactivity disorder. *Criminal behaviour and mental health: CBMH*, 23(2), 86–98. <https://doi.org/10.1002/cbm.1860>
- Dalsgaard, S., Østergaard, S. D., Leckman, J. F., Mortensen, P. B., & Pedersen, M. G. (2015). Mortality in children, adolescents, and adults with attention deficit hyperactivity disorder: a nationwide cohort study. *Lancet (London, England)*, 385(9983), 2190–6. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61684-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61684-6)
- Dias, T. G. C., Kieling, C., Graeff-Martins, A. S., Moriyama, T. S., Rohde, L. A., & Polanczyk, G. V. (2013). Developments and challenges in the diagnosis and treatment of adhd. *Revista Brasileira De Psiquiatria (Sao Paulo, Brazil : 1999)*, 35 Suppl 1, 40–50. <https://doi.org/10.1590/1516-4446-2013-S103>

- Dobrea A, Păsărelu CR, Döpfner M (2018) Varieties of psychotherapy for attention-deficit hyperactivity disorder: an evidence-based evaluation. In: David V, Lynn SJ, Montgomery GH (eds) *Evidence-based psychotherapy: the state of the science and practice*. Wiley-Blackwell, Hoboken, pp 435–463.
- Dona, W, A, S., Badloe, N., Sciberras, E., Gold, L., Coghill, D., & Le, H. N. D. (2023). The impact of childhood attention-deficit/hyperactivity disorder (adhd) on children's health-related quality of life: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Attention Disorders*, 27(6), 598–611. <https://doi.org/10.1177/10870547231155438>
- Faraone, S. V., & Buitelaar, J. (2010). Comparing the efficacy of stimulants for ADHD in children and adolescents using meta-analysis. *European child & adolescent psychiatry*, 19(4), 353–364. <https://doi.org/10.1007/s00787-009-0054-3>
- Fischer, M., Barkley, R. A., Smallish, L., & Fletcher, K. (2007). Hyperactive children as young adults: driving abilities, safe driving behavior, and adverse driving outcomes. *Accident; analysis and prevention*, 39(1), 94–105. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.06.008>
- Fuermaier, A. B., Tucha, L., Evans, B. L., Koerts, J., de Waard, D., Brookhuis, K., Aschenbrenner, S., Thome, J., Lange, K. W., & Tucha, O. (2017). Driving and attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of neural transmission (Vienna, Austria: 1996)*, 124(Suppl 1), 55–67. <https://doi.org/10.1007/s00702-015-1465-6>
- Gobbo, M. A., & Louzã, M. R. (2014). Influence of stimulant and non-stimulant drug treatment on driving performance in patients with attention deficit hyperactivity disorder: a systematic review. *European neuropsychopharmacology : the journal of the European College of Neuropsychopharmacology*, 24(9), 1425–1443. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2014.06.006>
- Haute autorité de santé. (2014). *Conduite à tenir en médecine de premier recours devant un enfant ou un adolescent susceptible d'avoir un trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité : Méthode Recommandations pour la pratique clinique*. Haute Autorité de santé, 2015. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2015-02/tdah_argumentaire.pdf
- INSPQ, 2019. *Surveillance du trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) au Québec*. Institut national de santé publique du Québec, No de publication : 2535.
- Jerome, L., & Segal, A. (2001). Benefit of long-term stimulants on driving in adults with ADHD. *The Journal of nervous and mental disease*, 189(1), 63–64. <https://doi.org/10.1097/00005053-200101000-00013>

- Jerome, L., Segal, A., & Habinski, L. (2006). What we know about ADHD and driving risk: a literature review, meta-analysis and critique. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry = Journal de l'Académie canadienne de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent*, 15(3), 105–125.
- Kay, G. G., Michaels, M. A., & Pakull, B. (2009). Simulated driving changes in young adults with ADHD receiving mixed amphetamine salts extended release and atomoxetine. *Journal of attention disorders*, 12(4), 316–329. <https://doi.org/10.1177/1087054708322986>
- Lam L. T. (2002). Distractions and the risk of car crash injury: the effect of drivers' age. *Journal of safety research*, 33(3), 411–419. [https://doi.org/10.1016/s0022-4375\(02\)00034-8](https://doi.org/10.1016/s0022-4375(02)00034-8)
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gotzsche, P. C., Ioannidis, J. P., ... Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med*, 6(7), e1000100. doi: 10.1371/journal.pmed.1000100
- Ljung, T., Chen, Q., Lichtenstein, P., & Larsson, H. (2014). Common etiological factors of attention-deficit/hyperactivity disorder and suicidal behavior: A population-based study in Sweden. *JAMA Psychiatry*, 71(8), 958–964. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2014.363>
- Ludolph AG, Koelch M, Plener PL, Schulze UM, Sproeber N, Fegert JM (2009) Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) and road traffic - special considerations for the treatment of adolescents with ADHD. *Zeitschrift Fur Kinder-Und Jugendpsychiatrie Und Psychotherapie* 37:405–411
- Luo, Y., Weibman, D., Halperin, J. M., & Li, X. (2019). A Review of Heterogeneity in Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Frontiers in human neuroscience*, 13, 42. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00042>
- Mikami, A. Y., Cox, D. J., Davis, M. T., Wilson, H. K., Merkel, R. L., & Burket, R. (2009). Sex differences in effectiveness of extended-release stimulant medication among adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of clinical psychology in medical settings*, 16(3), 233–242. <https://doi.org/10.1007/s10880-009-9165-8>
- Ottosen, C., Petersen, L., Larsen, J. T., & Dalsgaard, S. (2016). Gender Differences in Associations Between Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder and Substance Use Disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 55(3), 227–34.e4. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2015.12.010>

- Pan, C.-Y., Chang, Y.-K., Tsai, C.-L., Chu, C.-H., Cheng, Y.-W., & Sung, M.-C. (2017a). Effects of physical activity intervention on motor proficiency and physical fitness in children with adhd: an exploratory study. *Journal of Attention Disorders*, 21(9), 783–795. <https://doi.org/10.1177/1087054714533192>
- Pievsky, M. A., & McGrath, R. E. (2018). Neurocognitive effects of methylphenidate in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder: A meta-analysis. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 90, 447–455. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.05.012>
- Romo, L., Julien Sweerts, S., Ordonneau, P., Blot, E., & Gicquel, L. (2021). Road accidents in young adults with ADHD: Which factors can explain the occurrence of injuries in drivers with ADHD and how to prevent it?. *Applied neuropsychology. Adult*, 28(3), 372–377. <https://doi.org/10.1080/23279095.2019.1640697>
- Salari, N., Ghasemi, H., Abdoli, N., Rahmani, A., Shiri, M. H., Hashemian, A. H., Akbari, H., & Mohammadi, M. (2023). The global prevalence of adhd in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Italian Journal of Pediatrics*, 49(1), 48–48. <https://doi.org/10.1186/s13052-023-01456-1>
- Santosh, P., Cortese, S., Hollis, C., Bölte, S., Daley, D., Coghill, D., Holtmann, M., Sonuga-Barke, E. J. S., Buitelaar, J., Banaschewski, T., Stringaris, A., Döpfner, M., Van der Oord, S., Carucci, S., Brandeis, D., Nagy, P., Ferrin, M., Baeyens, D., van den Hoofdakker, B. J., ... Simonoff, E. (2023). Remote assessment of adhd in children and adolescents: recommendations from the european adhd guidelines group following the clinical experience during the covid-19 pandemic. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 32(6), 921–935. <https://doi.org/10.1007/s00787-023-02148-1>
- Shoham, R., Sonuga-Barke, E., Yaniv, I., & Pollak, Y. (2021). Adhd is associated with a widespread pattern of risky behavior across activity domains. *Journal of Attention Disorders*, 25(7), 989–1000. <https://doi.org/10.1177/1087054719875786>
- Sobanski, E., Sabljic, D., Alm, B., Skopp, G., Kettler, N., Mattern, R., & Strohecker-Kühner, P. (2008). Driving-related risks and impact of methylphenidate treatment on driving in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Journal of neural transmission (Vienna, Austria : 1996)*, 115(2), 347–356. <https://doi.org/10.1007/s00702-007-0834-1>
- Sobanski, E., Sabljic, D., Alm, B., Dittmann, R. W., Wehmeier, P. M., Skopp, G., & Strohecker-Kühner, P. (2013). Driving performance in adults with ADHD: results from a randomized, waiting list controlled trial with atomoxetine. *European psychiatry : the journal of the Association of European Psychiatrists*, 28(6), 379–385. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2012.08.001>

- Sonuga-Barke, E. J. S., Becker, S. P., Bölte, S., Castellanos, F. X., Franke, B., Newcorn, J. H., Nigg, J. T., Rohde, L. A., & Simonoff, E. (2023). Annual research review: perspectives on progress in adhd science - from characterization to cause. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 64(4), 506–532. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13696>
- Surman, C. B. H., Fried, R., Rhodewalt, L., & Boland, H. (2017). Do Pharmaceuticals Improve Driving in Individuals with ADHD? A Review of the Literature and Evidence for Clinical Practice. *CNS drugs*, 31(10), 857–866. <https://doi.org/10.1007/s40263-017-0465-5>
- Vasiliadis, H.-M., Diallo, F. B., Rochette, L., Smith, M., Langille, D., Lin, E., Kisely, S., Fombonne, E., Thompson, A. H., Renaud, J., et Lesage, A. (2017). Temporal Trends in the Prevalence and Incidence of Diagnosed ADHD in Children and Young Adults between 1999 and 2012 in Canada: A Data Linkage Study. *Canadian Journal of Psychiatry*, 62(12), 818-826. <https://doi.org/10.1177/0706743717714468>
- Verster, J. C., & Cox, D. J. (2008). ADHD, methylphenidate and driving: does some legislation endanger public health?. *Journal of psychopharmacology (Oxford, England)*, 22(3), 227–229. <https://doi.org/10.1177/0269881108091878>
- Verster, J. C., Bekker, E. M., de Roos, M., Minova, A., Eijken, E. J., Kooij, J. J., Buitelaar, J. K., Kenemans, J. L., Verbaten, M. N., Olivier, B., & Volkerts, E. R. (2008). Methylphenidate significantly improves driving performance of adults with attention-deficit hyperactivity disorder: a randomized crossover trial. *Journal of psychopharmacology (Oxford, England)*, 22(3), 230–237. <https://doi.org/10.1177/0269881107082946>
- Verster, J. C., & Roth, T. (2014). Methylphenidate significantly reduces lapses of attention during on-road highway driving in patients with ADHD. *Journal of clinical psychopharmacology*, 34(5), 633–636. <https://doi.org/10.1097/JCP.0000000000000174>
- Walshe, E. A., Ward McIntosh, C., Romer, D., & Winston, F. K. (2017). Executive Function Capacities, Negative Driving Behavior and Crashes in Young Drivers. *International journal of environmental research and public health*, 14(11), 1314. <https://doi.org/10.3390/ijerph14111314>
- Wilens T. E. (2004). Impact of ADHD and its treatment on substance abuse in adults. *The Journal of clinical psychiatry*, 65 Suppl 3, 38–45.
- Winterstein, A. G., Li, Y., Gerhard, T., Linden, S., & Shuster, J. J. (2021). Medication Use for ADHD and the Risk of Driving Citations and Crashes Among Teenage Drivers: A Population-Based Cohort Study. *Journal of attention disorders*, 25(11), 1511–1518. <https://doi.org/10.1177/1087054720915768>