

**HEC MONTRÉAL**

**Jeunes conducteurs en période probatoire au Québec  
Profils à haut risque (2005-2014)**

par  
**Alexandre Lalou**

**Sciences de la gestion  
(Option Intelligence d'affaires)**

*Mémoire présenté en vue de l'obtention  
du grade de maîtrise ès sciences en gestion  
(M. Sc.)*

Décembre 2018  
© Alexandre Lalou, 2018

# Résumé

Les jeunes conducteurs sont surreprésentés dans les statistiques de mortalité routière au Québec. Compte tenu de la gravité de ce problème, la formation des jeunes conducteurs novices et la réglementation routière les concernant ont beaucoup évolué au Québec depuis les années 2000. Pour réduire le nombre d'accidents de jeunes conducteurs novices et le nombre de jeunes conducteurs novices tués sur la route, il peut être aussi nécessaire d'adopter une approche ciblée. Dans cette perspective, notre recherche a consisté à caractériser le profil des jeunes conducteurs âgés de 16 à 24 ans à haut risque d'accident et d'infraction pendant la période de conduite avec un permis probatoire.

Ce questionnement s'appuie sur une large base de données fournie par la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) comprenant les nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans ayant obtenu leur permis probatoire entre 2005 et 2014 (n=680 206).

Nous avons procédé à des régressions logistiques, une régression logit multinomiale et une analyse de survie afin d'examiner précisément l'effet de facteurs à risque majeurs tels que l'âge au permis et le sexe, mais aussi l'historique de la conduite, l'expérience de conduite et le parcours de formation pour l'obtention du permis de conduire. Ces modèles ont été réalisés sur différentes périodes de la phase probatoire de vingt-quatre mois, et notamment sur les premiers six mois ou sur le premier mois.

Nos résultats font valoir que l'âge au permis probatoire, l'inexpérience ou encore le fait d'échouer au moins une fois à l'examen théorique sont des facteurs particulièrement accidentogènes. En effet, les plus jeunes (16-18 ans) sont beaucoup plus à risque que les autres catégories d'âge. De plus, les conducteurs qui ont échoué au moins une fois à l'examen théorique du permis probatoire ont plus de risque d'avoir un accident durant les six premiers mois de la période probatoire, et notamment lors du premier mois.

**Mots clés :** Jeunes conducteurs, permis probatoire, accidents de la route, sécurité routière, Québec

## Table des matières

Résumé .....	i
Liste des tableaux .....	ix
Remerciements.....	xii
Introduction .....	1
<b>1. Contexte et revue de la littérature .....</b>	<b>4</b>
1.1. <i>Les accidents de la route : Une des premières causes de décès chez les 15-24 ans.....</i>	<i>4</i>
1.1.1 Un défi mondial .....	4
1.1.2 Les jeunes fortement touchés par l'insécurité routière au Québec .....	4
1.2 <i>Facteurs de risque accidentogène chez les jeunes conducteurs.....</i>	<i>8</i>
1.2.1 Effet d'âge ou l'expérience au volant : quel facteur pour mieux cerner le risque.....	10
1.2.2 L'inégalité entre les jeunes hommes et les jeunes femmes face aux accidents et aux infractions de la route.....	11
1.3 <i>La lutte contre l'insécurité routière chez les jeunes conducteurs : Programme d'accès graduel et cours obligatoires .....</i>	<i>14</i>
1.3.1 Un programme d'accès graduel à la conduite : amélioration de la formation des conducteurs .....	15
1.3.2 Mise en place d'une réforme de la sécurité routière en 2010 au Québec .....	16
<b>2. Présentation des données .....</b>	<b>20</b>
2.1. <i>Source des données .....</i>	<i>20</i>
2.2. <i>Préparation des données.....</i>	<i>23</i>
2.2.1. Variables dépendantes .....	24
2.2.2. Variables indépendantes ou explicatives .....	26
2.2.3. Fréquences des principales variables.....	29
<b>3. Analyse descriptive .....</b>	<b>33</b>
3.1. <i>Les hommes et les plus jeunes : des conducteurs plus à risque d'accident et d'infraction .....</i>	<i>34</i>
3.1.1. Aperçu du risque d'accident chez les nouveaux conducteurs, 2005-2014 .....	34
3.1.2. Aperçu du risque d'infraction chez les nouveaux conducteurs, 2005-2014 .....	37
3.2. <i>La période probatoire face aux risques .....</i>	<i>39</i>
3.2.1. Baisse continue à tous les âges du risque d'accident de la route pendant la période probatoire .....	39
3.2.2. Hausse du risque d'infraction chez les plus jeunes pendant la période probatoire .....	40
3.2.3. Un échec à l'examen théorique : un facteur de risque chez les nouveaux conducteurs pendant toute la période probatoire.....	42
3.2.4. Un échec à l'examen pratique du permis probatoire : pas d'impacts clairs sur les risques d'accident et d'infraction pendant la période probatoire.....	44
3.3. <i>Impact de la réforme de 2010 concernant la formation des nouveaux conducteurs sur les risques d'accident et d'infraction.....</i>	<i>45</i>

3.3.1.	Une baisse sensible du risque d'accident et d'infraction depuis la réforme .....	45
3.3.2.	L'impact de la réussite au premier essai à l'examen théorique : une comparaison avant et après la réforme de la sécurité routière de 2010 .....	47
3.3.3.	L'impact de la réussite au premier essai à l'examen pratique : une comparaison avant et après la réforme de la sécurité routière de 2010 .....	48
<b>4.</b>	<b>Méthodologie .....</b>	<b>51</b>
4.1.	<i>La régression logistique</i> .....	51
4.1.1.	Intérêt de la régression logistique .....	51
4.1.2.	Modèle de régression logistique .....	52
4.1.3.	Estimation des paramètres : méthode du maximum de vraisemblance .....	55
4.1.4.	Modèles de régression logistique d'être impliqué dans un accident et de commettre une infraction .....	56
4.1.5.	Test et interprétation des coefficients .....	59
4.1.6.	Modèle logit multinomial .....	61
4.2.	<i>Analyse de survie</i> .....	64
4.2.1.	Intérêt de l'analyse de survie .....	64
4.2.2.	Fonction de survie et fonction de risque .....	65
4.2.3.	L'approche non paramétrique .....	67
4.2.4.	L'approche semi-paramétrique .....	70
4.2.5.	Modélisation du temps de survie d'un accident .....	72
<b>5.</b>	<b>Analyse des principaux résultats .....</b>	<b>74</b>
5.1.	<i>Aperçu général</i> .....	74
5.2.	<i>Effets des facteurs de risque pour l'ensemble de la période probatoire (24 mois)</i> .....	76
5.2.1.	Facteurs liés à la personne, à l'historique et à l'expérience des conducteurs dans la survenue d'un accident .....	76
5.2.2.	Facteurs liés à la formation des jeunes conducteurs dans la survenue d'un accident .....	79
5.2.3.	Facteurs d'importance sur le risque de commettre une infraction au Code de la sécurité routière sanctionnée par un policier pendant la période probatoire .....	82
5.2.4.	Combinaison du risque d'accident et du risque d'infraction .....	84
5.3.	<i>Effets des facteurs de risque au cours de la période probatoire</i> .....	88
5.3.1.	Facteurs de risque d'accident par tranche de six mois sur la période probatoire .....	89
5.3.2.	Les six premiers mois après l'obtention du permis : une période à risque .....	93
5.3.3.	16-17 ans : une tranche d'âge encore plus à risque .....	95
5.3.4.	Facteurs de risque d'infraction par période de six mois .....	96
5.4.	<i>Analyse de survie</i> .....	99
5.4.1.	Estimation de la courbe de survie précédant la survenue du premier accident .....	100
5.4.2.	Comparaison des courbes de survie selon la catégorie d'âge .....	101

5.4.3.	Comparaison des courbes de survie entre les catégories 16, 17 et 18 ans .....	103
5.4.4.	Modèle de Cox sur le délai de survenue du premier accident.....	104
<b>6.</b>	<b>Discussion.....</b>	<b>109</b>
	<b>Conclusion.....</b>	<b>118</b>
	<b>Bibliographie .....</b>	<b>120</b>
	<b>Annexes .....</b>	<b>xiii</b>
<b>A.</b>	<b>Analyses descriptives .....</b>	<b>xiii</b>
<b>B.</b>	<b>Analyses des principaux résultats .....</b>	<b>xxix</b>

# Liste des figures

<b>Figure 1.1</b> : L'évolution du nombre global de décès causés par un accident de la route, Québec, 2005-2017. Source : <a href="http://saaq.gouv.qc.ca">saaq.gouv.qc.ca</a> .....	5
<b>Figure 1.2</b> : L'évolution du nombre de conducteurs âgés de 16-24 ans impliqués dans un accident de la circulation mortel, Québec, 2005-2017, source : <a href="http://saaq.gouv.qc.ca">saaq.gouv.qc.ca</a> .....	6
<b>Figure 1.3</b> : L'évolution du taux d'implication dans un accident (tous dommages confondus) et dans un accident corporel selon l'âge, pour mille permis en circulation, 2005-2015. Source : <a href="http://saaq.gouv.qc.ca">saaq.gouv.qc.ca</a> .....	7
<b>Figure 1.4</b> : Distribution selon l'âge des contrevenants pour l'ensemble des infractions au Code de la sécurité routière par rapport à la distribution des titulaires de permis, 2005-2014, Québec. Source : Tardif, 2015. ....	8
<b>Figure 1.5</b> : Facteurs relatifs à la sécurité des jeunes conducteurs (Source : Bates et al., 2014) .....	9
<b>Figure 1.6</b> : Sexe-ratio des conducteurs impliqués dans un accident avec dommages corporels pour les 16-19 et 20-24 ans, Québec, 2005-2015. Source : Banque de données des statistiques officielles du Québec. ....	12
<b>Figure 1.7</b> : Distribution selon le sexe des contrevenants pour l'ensemble des infractions au Code de la sécurité routière par rapport à la distribution des titulaires de permis, Québec, 2005-2014, Source : Tardif, 2015 .....	13
<b>Figure 2.1</b> : Période d'étude : entre l'obtention du permis probatoire et celle du permis régulier dans le cadre du programme de formation graduelle à la conduite .....	24
<b>Figure 3.1</b> : Risque d'accident chez les nouveaux conducteurs selon l'âge pendant la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	39
<b>Figure 3.2</b> : Risque d'infraction chez les nouveaux conducteurs selon l'âge pendant la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	40
<b>Figure 3.3</b> : Risque d'accident selon l'âge dans les six premiers mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014 .....	42
<b>Figure 3.4</b> : Risque d'infraction selon l'âge dans les six premiers mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014 .....	43
<b>Figure 3.5</b> : Risque d'accident selon l'âge dans les six premiers mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014 .....	44
<b>Figure 3.6</b> : Risque d'infraction selon l'âge dans les six premiers mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014 .....	45
<b>Figure 3.7</b> : Risque d'accident pendant la période probatoire selon si le permis probatoire a été obtenu avant ou après 2010 .....	46
<b>Figure 3.8</b> : Comparaison du risque d'accident pendant les six premiers mois de la période probatoire avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014 .....	47
<b>Figure 3.9</b> : Comparaison du risque d'infraction pendant les six premiers mois de la période probatoire avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014 .....	47

<b>Figure 3.10</b> : Comparaison du risque d'accident pendant les six premiers mois de la période probatoire avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014 .....	49
<b>Figure 3.11</b> : Comparaison du risque d'infraction pendant les six premiers mois de la période probatoire avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014 .....	49
<b>Figure 4.1</b> : Représentation de la régression logistique avec $\beta_0=0,001$ et $\beta_1=0,05$ (El Sanharawi & Naudet, 2013).....	54
<b>Figure 4.2</b> : Représentation de la courbe de survie, Rimmer et al., 2014 .....	69
<b>Figure 5.1</b> : Représentation graphique des rapports de cotes à un intervalle de confiance à un niveau de 95 % .....	81
<b>Figure 5.2</b> : Représentation graphique des rapports de cotes à un intervalle de confiance à un niveau de 95 % .....	90
<b>Figure 5.3</b> : Graphique de la fonction de survie du délai de survenue du premier accident, 2005-2014, Québec.....	100
<b>Figure 5.4</b> : Comparaison des fonctions de survie du délai de survenue du premier accident par catégorie d'âge, 2005-2014, Québec. ....	101
<b>Figure 5.5</b> : Comparaison des fonctions de survie du délai de survenue du premier accident entre les 16, 17 et 18 ans, 2005-2014, Québec.....	103
<b>Figure A.1</b> : Risque d'infraction selon l'âge entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014 .....	xiii
<b>Figure A.2</b> : Risque d'accident selon l'âge entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014 .....	xiii
<b>Figure A.3</b> : Risque d'infraction selon l'âge entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014.....	xiv
<b>Figure A.4</b> : Risque d'accident selon l'âge entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014.....	xiv
<b>Figure A.5</b> : Risque d'infraction selon l'âge entre le dix-huitième mois et le vingt-quatrième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014 .....	xv
<b>Figure A.6</b> : Risque d'accident selon l'âge entre le dix-huitième mois et le vingt-quatrième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014 .....	xv
<b>Figure A.7</b> : Risque d'infraction selon l'âge entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014 .....	xvi
<b>Figure A.8</b> : Risque d'accident selon l'âge entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014 .....	xvi
<b>Figure A.9</b> : Risque d'infraction selon l'âge entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014.....	xvii
<b>Figure A.10</b> : Risque d'accident selon l'âge entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014.....	xvii
<b>Figure A.11</b> : Risque d'infraction selon l'âge entre le dix-huitième et le vingt-quatrième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014.....	xviii
<b>Figure A.12</b> : Risque d'accident selon l'âge entre le dix-huitième et le vingt-quatrième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014.....	xviii



<b>Figure A.13</b> : Comparaison du risque d'accident avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	xix
<b>Figure A.14</b> : Comparaison du risque d'infraction avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	xx
<b>Figure A.15</b> : Comparaison du risque d'accident avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	xx
<b>Figure A.16</b> : Comparaison du risque d'infraction avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	xxi
<b>Figure A.17</b> : Comparaison du risque d'accident avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique entre le dix-huitième et le vingt-quatrième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	xxii
<b>Figure A.18</b> : Comparaison du risque d'infraction avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique entre le dix-huitième et le vingt-quatrième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	xxii
<b>Figure A.19</b> : Comparaison du risque d'accident avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	xxiii
<b>Figure A.20</b> : Comparaison du risque d'infraction avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	xxiii
<b>Figure A.21</b> : Comparaison du risque d'accident avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	xxiv
<b>Figure A.22</b> : Comparaison du risque d'infraction avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	xxiv
<b>Figure A.23</b> : Comparaison du risque d'accident avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique entre le dix-huitième et le vingt-quatrième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	xxv
<b>Figure A.24</b> : Comparaison du risque d'infraction avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique entre le dix-huitième et le vingt-quatrième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	xxv

# Liste des tableaux

<b>Tableau 1.1</b> : Différences entre le permis apprenti et le permis probatoire selon les législations avant et après 2010. Source : <a href="http://saaq.gouv.qc.ca">saaq.gouv.qc.ca</a> .....	18
<b>Tableau 2.1</b> : Tableau de fréquence des principales variables pour les nouveaux conducteurs de 16 à 24 ans.....	30
<b>Tableau 3.1</b> : Aperçu du risque d'accident chez les nouveaux conducteurs de 16 à 24 ans, Québec, 2005-2014 .....	34
<b>Tableau 3.2</b> : Aperçu du risque d'infraction chez les nouveaux conducteurs de 16 à 24 ans, Québec, 2005-2014 .....	37
<b>Tableau 4.1</b> : Matrice de corrélation des prédicteurs de l'équation 4.5 selon le coefficient de Pearson....	57
<b>Tableau 4.2</b> : Matrice de corrélation des prédicteurs de l'équation 4.5 selon le coefficient de Spearman	57
<b>Tableau 5.1</b> : Modèle de régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur l'ensemble de la période probatoire, 2005-2014, Québec.....	78
<b>Tableau 5.2</b> : Modèle de régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur l'ensemble de la période probatoire, 2005-2014, Québec.....	80
<b>Tableau 5.3</b> : Modèle de régression logistique du risque d'infraction des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur l'ensemble de la période probatoire, 2005-2014, Québec.....	83
<b>Tableau 5.4</b> : Modèle de régression logit multinomial du risque d'accident et du risque d'infraction des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur l'ensemble de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	85
<b>Tableau 5.5</b> : Modèle de régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur les six premiers mois après l'obtention du permis probatoire, 2005-2014, Québec. ....	89
<b>Tableau 5.6</b> : Rapports de cotes du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans par période de six mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	91
<b>Tableau 5.7</b> : Rapport de cotes du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans par tranche d'un mois sur les six premiers mois après l'obtention du permis probatoire, 2005-2014, Québec. ....	94
<b>Tableau 5.8</b> : Rapport de cotes du risque d'infraction des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans par période de six mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	97
<b>Tableau 5.9</b> : Test d'égalité des fonctions de survie selon la catégorie d'âge.....	102
<b>Tableau 5.10</b> : Récapitulatif des fonctions de survie du délai de survenue du premier accident impliquant un nouveau conducteur âgé de 16 à 24 ans pendant sa période probatoire par catégories d'âge, 2005-2014, Québec. Source : données SAAQ.....	102
<b>Tableau 5.11</b> : Test d'égalité des fonctions de survie entre les 16, 17 et 18 ans .....	103
<b>Tableau 5.12</b> : Récapitulatif des fonctions de survie du délai de survenue du premier accident impliquant un nouveau conducteur âgé de 16, 17 et 18 ans pendant sa période probatoire, 2005-2014, Québec...	104
<b>Tableau 5.13</b> : Récapitulatif du nombre de nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans impliqués dans au moins un accident pendant sa période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	105

<b>Tableau 5.14</b> : Modèle d'analyse de survie de Cox pour le délai de survenue du premier accident impliquant un nouveau conducteur âgé de 16 à 24 ans pendant sa période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	105
<b>Tableau A.1</b> : Fréquence des variables du modèle de régression logistique multinomiale sur 559 772 nouveaux conducteurs entre 16 et 24 ans, Québec, 2005-2014 .....	xxvi
<b>Tableau A.2</b> : Fréquence des variables des modèles de régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs de 16 à 24 ans par tranche de mois au cours des six premiers mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	xxvii
<b>Tableau A.3</b> : Fréquence des variables des modèles de régression logistique du risque d'infraction des nouveaux conducteurs de 16 à 24 ans par tranche de six mois au cours de la période probatoire, Québec, 2005-2014 .....	xxviii
<b>Tableau B.1</b> : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 6 <sup>e</sup> et le 12 <sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	xxix
<b>Tableau B.2</b> : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 12 <sup>e</sup> et le 18 <sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	xxix
<b>Tableau B.3</b> : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 18 <sup>e</sup> et le 24 <sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	xxx
<b>Tableau B.4</b> : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur le premier mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	xxx
<b>Tableau B.5</b> : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 1 <sup>er</sup> et le 2 <sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	xxxi
<b>Tableau B.6</b> : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 2 <sup>e</sup> et le 3 <sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	xxxi
<b>Tableau B.7</b> : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 3 <sup>e</sup> et le 4 <sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	xxxii
<b>Tableau B.8</b> : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 4 <sup>e</sup> et le 5 <sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	xxxii
<b>Tableau B.9</b> : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 5 <sup>e</sup> et le 6 <sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	xxxiii
<b>Tableau B.10</b> : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur les six premiers mois de la période probatoire avec « 18 » ans en catégorie de référence pour l'âge, 2005-2014, Québec. ....	xxxiv
<b>Tableau B.11</b> : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur le premier mois de la période probatoire avec « 18 » ans en catégorie de référence pour l'âge, 2005-2014, Québec. ....	xxxv
<b>Tableau B.12</b> : Régression logistique du risque d'infraction des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur les six premiers mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	xxxvi
<b>Tableau B.13</b> : Régression logistique du risque d'infraction des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 6 <sup>e</sup> et le 12 <sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	xxxvi
<b>Tableau B.14</b> : Régression logistique du risque d'infraction des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 12 <sup>e</sup> et le 18 <sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	xxxvii
<b>Tableau B.15</b> : Régression logistique du risque d'infraction des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 18 <sup>e</sup> et le 24 <sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec. ....	xxxvii

**Tableau B.16** : Modèle d'analyse de survie de Cox avec des variables d'interaction avec le temps pour vérifier l'hypothèse des risques proportionnels du modèle d'analyse de survie de Cox présenté dans le tableau 5.14. ....xxxviii

# Remerciements

Je remercie tout d'abord mon directeur de mémoire, Monsieur François Bellavance, pour son soutien, sa disponibilité permanente, son encadrement et ses conseils éclairés qui m'ont conduit à la réalisation de ce mémoire. Qu'il soit aussi remercié pour sa proposition de recherche et pour les encouragements qu'il m'a prodigués. C'est grâce à lui que j'ai pu travailler sur un sujet particulièrement intéressant et avoir accès aux données de la Société de l'assurance automobile du Québec.

J'exprime également ma gratitude à la Société de l'assurance automobile du Québec de m'avoir permis de pouvoir travailler sur leur banque de données.

Enfin, je tiens à remercier tout particulièrement mes parents, mon frère et mes amis qui m'ont soutenu sans relâche pendant ce long travail.

# Introduction

Les conducteurs âgés de 16 à 24 ans sont encore largement surreprésentés dans les accidents de voiture et parmi les victimes de la route au Québec. Malgré une tendance à la baisse du nombre de conducteurs âgés de 16 à 24 ans impliqués dans un accident mortel entre 2005 et 2017, ce nombre reste encore à un niveau très élevé avec même une légère hausse depuis 2015 (SAAQ, 2017a).

Pour lutter contre le risque des jeunes conducteurs, le Québec a, entre autres, mis en place dès 1997 un programme d'accès graduel à la conduite dispensant un apprentissage sur une plus longue période en protégeant les jeunes conducteurs et en leur permettant d'acquérir de l'expérience dans des conditions de faibles risques. En 2010, un nouveau programme de sécurité routière a été instauré avec l'introduction de cours obligatoires pour tous les conducteurs qui désirent obtenir leur permis de conduire. Enfin plusieurs mesures modifiant le Code de la sécurité routière sont entrées en vigueur très récemment en mai 2018. Parmi celles-ci, il y a un couvre-feu de minuit à 5 heures du matin pour les apprentis conducteurs et une limitation du nombre de passagers de 19 ans ou moins durant ces mêmes heures pour les détenteurs d'un permis probatoire.

Toutes ces réformes ont le potentiel de contribuer (pour les plus récentes) à réduire le nombre des accidents des jeunes conducteurs et par conséquent le nombre des tués et des blessés. Néanmoins, il reste qu'en 2017, alors que les jeunes conducteurs âgés de 15 à 24 ans ne représentent qu'environ 9 % des titulaires de permis de conduire, ils constituent 23,8 % des conducteurs décédés (SAAQ, 2018). Le Québec doit poursuivre le travail de formation et de sensibilisation des jeunes conducteurs pour lutter contre l'insécurité routière. Jusqu'à présent, les mesures ont plutôt englobé la totalité des jeunes conducteurs. Lutter contre le risque des jeunes conducteurs pourrait aussi passer par des mesures ciblant des conducteurs à risque élevé d'accident.

Dans cette perspective, notre mémoire vise à caractériser le profil des jeunes conducteurs à haut risque d'accident et d'infraction pendant la période probatoire aux fins d'une approche plus ciblée de la prévention. Notre objectif est d'évaluer dans quelle mesure certaines caractéristiques des conducteurs permettent de déterminer le profil des conducteurs les plus à risque sur la route à des fins de dépistage. Des mesures pourraient mieux cibler ces personnes évaluées à haut risque de collision pour une prévention plus optimale.

Même si certains facteurs de la surreprésentation des jeunes dans les accidents de la route sont assez bien connues, comme l'inexpérience, l'âge au permis et le sexe du conducteur, nous allons questionner en profondeur ces différents facteurs en y associant également d'autres comme l'historique de la conduite, l'expérience de conduite et le parcours de formation pour l'obtention du permis de conduire.

Ce questionnement s'appuie sur une importante base de données fournie et rendue anonyme par la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) avec un peu plus de 650 000 observations de nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre 2005 et 2014. Ces conducteurs ont ensuite été observés sur une période de deux ans après l'obtention de leur permis probatoire. Cette base de données a donc permis de valider les résultats relatifs au profil de ces conducteurs à risque sur la route.

Pour ce faire, ce mémoire se compose de six chapitres, ainsi que d'une conclusion qui clôture cette étude. Le premier chapitre précise le contexte de la sécurité routière chez les jeunes conducteurs et les principales réformes mises en place au Québec sur cette question. Il propose également une courte revue de la littérature sur les principaux facteurs augmentant le risque sur la route des nouveaux conducteurs. Le deuxième chapitre présente les données fournies par la SAAQ, la base de données que nous avons créée ainsi que les variables dépendantes et indépendantes utilisées dans nos différents modèles. Une analyse descriptive explicitant ces différentes variables sera l'objet du troisième chapitre. Le quatrième expose les méthodes d'analyse statistique utilisées dans ce mémoire. Nous nous appuierons sur la régression logistique et l'analyse de survie. Puis, le cinquième chapitre présentera l'ensemble des résultats de nos

modélisations statistiques. Une discussion synthétisera les principaux résultats de notre étude ainsi que ses limites dans le sixième chapitre. Finalement, une conclusion fera état de quelques pistes de recherche futures. Ce mémoire a donné lieu à de nombreux modèles portant sur le risque d'accident et d'infraction au Code de la sécurité routière. Afin de ne pas surcharger le chapitre sur les résultats, nous avons choisi de présenter certains graphiques et tableaux de résultats de nos modèles dans les annexes.



# 1. Contexte et revue de la littérature

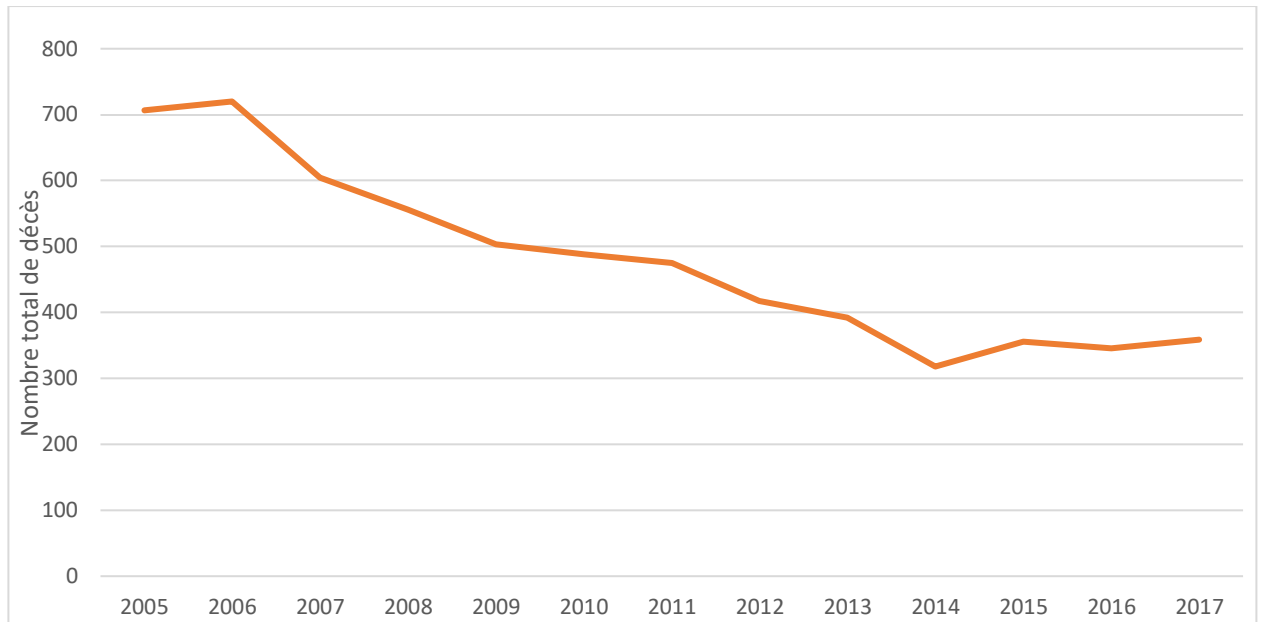
## 1.1. Les accidents de la route : Une des premières causes de décès chez les 15-24 ans

### 1.1.1 Un défi mondial

Les accidents de la route constituent un grave problème de santé publique aux niveaux mondial, régional et national. Chaque année dans le monde, on compte 1,3 million de décès sur les routes pour 20 à 50 millions de blessés (OMS, 2018). Les jeunes conducteurs sont surreprésentés dans les statistiques de mortalité routière (OMS, 2018). Chaque jour, un peu plus de 1000 jeunes de moins de 25 ans sont tués dans des collisions à travers le monde. Les accidents de la circulation sont la première cause de décès chez les 15-19 ans et la deuxième chez les 20-24 ans (OMS, 2007). L'Assemblée générale des Nations Unies a décrété la période 2011-2020 comme la Décennie d'action pour la sécurité routière (OMS, 2011), multipliant les activités visant à réduire le nombre de décès imputable aux accidents de la route dans le monde, notamment chez les jeunes.

### 1.1.2 Les jeunes fortement touchés par l'insécurité routière au Québec

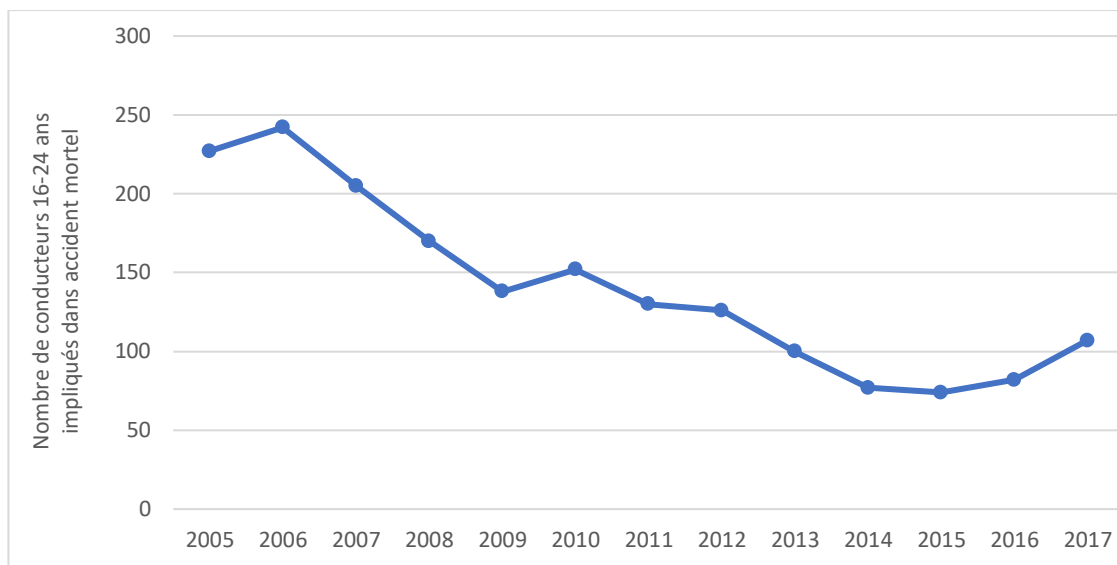
De la même façon, la sécurité routière est un enjeu majeur au Québec. Même si on constate une tendance générale à la baisse depuis 2005 du nombre global des décès dus à un accident de la route (figure 1.1), le dernier bilan routier de la Société de l'assurance automobile du Québec note une hausse du nombre de décès et de blessés graves en 2017 comparativement à 2016 (SAAQ, 2017a). Selon ce bilan, les décès ont augmenté de 3,8 % et les blessures graves de 1,9 % par rapport à 2016. Ces données montrent que les gains sont fragiles et que la lutte contre l'insécurité routière demeure un défi permanent.



**Figure 1.1** : L'évolution du nombre global de décès causés par un accident de la route, Québec, 2005-2017.  
Source : [saaq.gouv.qc.ca](http://saaq.gouv.qc.ca)

Au Québec comme ailleurs dans le monde, les jeunes sont très exposés aux accidents de la route. En 2017, alors que les jeunes conducteurs de 16-24 ans ne représentent qu'environ 9 % (8,8 % en 2017) des titulaires de permis de conduire, ils constituent 23,8 % des conducteurs décédés (SAAQ, 2018). Ce groupe d'âge est celui où l'on observe la plus forte hausse du nombre de décès par rapport à 2016. Comparativement à la moyenne de 2012 à 2016, le nombre de décès dans un accident de la route chez les conducteurs de 16 à 24 ans en 2017 présente une hausse de 16,5 %, plus forte que chez les 25 à 34 ans (-9,3 %), les 35 à 44 ans (7,8 %), les 45 à 54 ans (-13,8 %) et les 55 à 64 ans (5,8 %) (SAAQ, 2018).

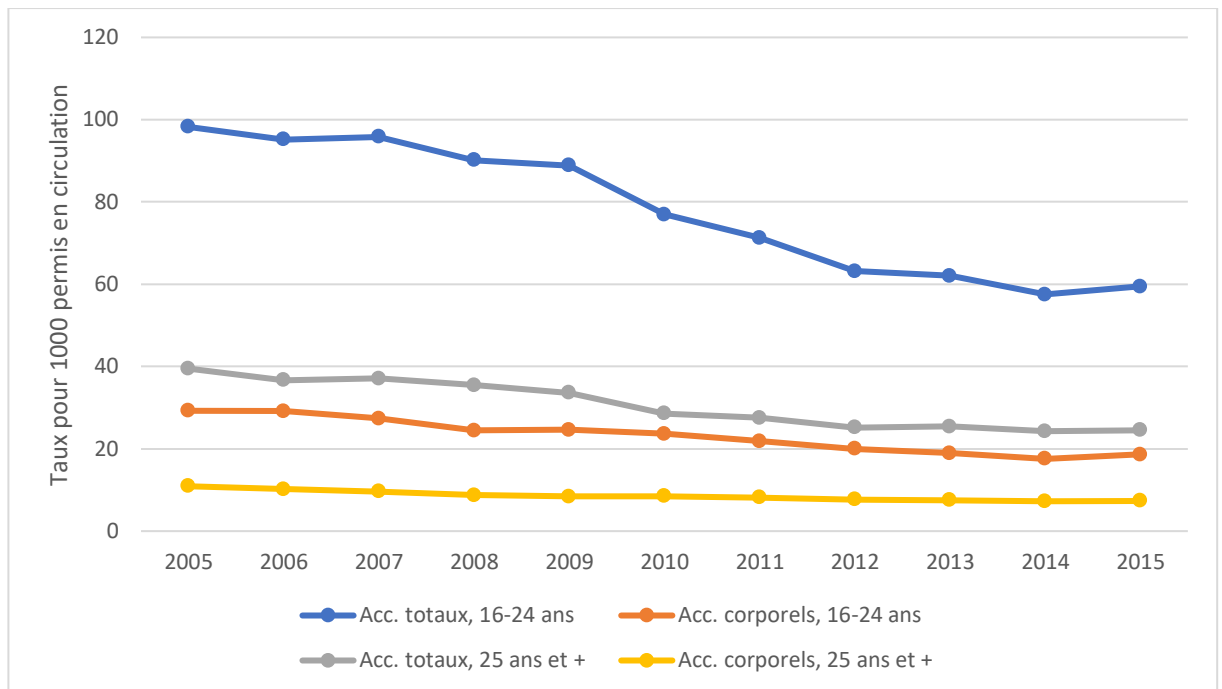
Le nombre de conducteurs âgés de 16-24 ans impliqué dans un accident avec au moins un mort a diminué de moitié pendant la période 2005-2017, passant de 227 en 2005 à 107 en 2017 (figure 1.2 ; SAAQ, 2017b). Cette forte baisse a connu un ralentissement avec une légère hausse depuis 2015.



**Figure 1.2 :** L'évolution du nombre de conducteurs âgés de 16-24 ans impliqués dans un accident de la circulation mortel, Québec, 2005-2017, source : [saaq.gouv.qc.ca](http://saaq.gouv.qc.ca)

Malgré cette évolution favorable, les conducteurs âgés de 16-24 ans restent plus à risque d'être impliqués dans des accidents de la circulation, notamment avec des dommages corporels, que les conducteurs de 25 et plus (figure 1.3). On peut visualiser un écart de risque pendant toute la période étudiée entre ces deux groupes de conducteurs, que ce soit pour les accidents tous dommages confondus ou les accidents avec des dommages corporels.

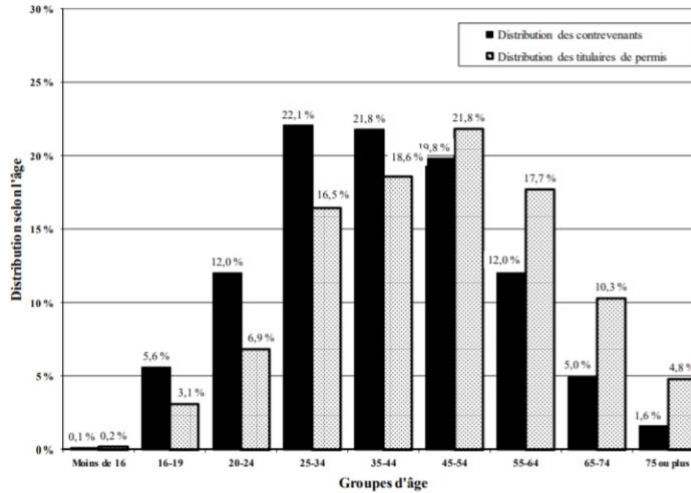
Après avoir été assez stable entre 2005 et 2007, le taux d'implication à un accident de la route (tous dommages confondus) des conducteurs âgés de 16-24 ans par rapport au nombre de titulaires de permis pour ce groupe d'âge a connu une baisse jusqu'en 2015 (figure 1.3). Toutefois, le taux d'implication des jeunes conducteurs dans des accidents avec des dommages corporels est resté plutôt stable pendant toute la période d'étude. Ainsi, s'il est indéniable que des progrès ont été accomplis en matière de sécurité routière sur la période 2005-2015, il reste que le taux d'implication des jeunes dans des accidents ayant causé des dommages corporels n'a que peu baissé (figure 1.3).



**Figure 1.3 :** L'évolution du taux d'implication dans un accident (tous dommages confondus) et dans un accident corporel selon l'âge, pour mille permis en circulation, 2005-2015. Source : [saaq.gouv.qc.ca](http://saaq.gouv.qc.ca)

À partir de données de la SAAQ, un rapport a été publié faisant état de la situation concernant les infractions au Code de la sécurité routière du Québec (Tardif, 2015). Il est montré que l'âge du conducteur est un facteur important dans le risque de commettre une infraction. La figure 1.4 montre la distribution des contrevenants pour l'ensemble des infractions au Code de la sécurité routière en comparaison avec celle des titulaires de permis. À la lecture de la figure 1.4, on observe que le groupe des 16-19 ans et des 20-24 ans sont surreprésentés parmi les personnes reconnues coupables d'une infraction dans les proportions respectives de 1,8 (5,6 %/3,1 %) et de 1,7 (12 %/6,9 %). Ainsi les conducteurs de moins de 25 ans sont les plus fortement surreprésentés par rapport aux autres groupes d'âge.

**Distribution selon l'âge des contrevenants  
pour l'ensemble des infractions au Code de la sécurité routière  
par rapport à la distribution des titulaires de permis  
2005 à 2014**



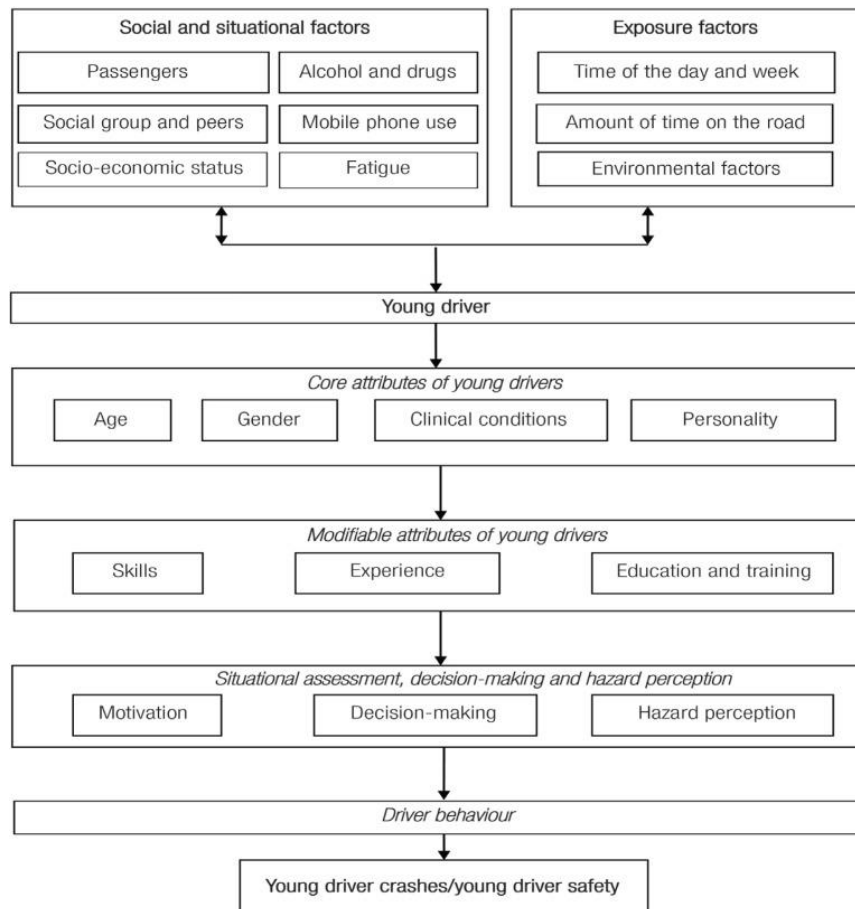
**Figure 1.4** : Distribution selon l'âge des contrevenants pour l'ensemble des infractions au Code de la sécurité routière par rapport à la distribution des titulaires de permis, 2005-2014, Québec. Source : Tardif, 2015.

## 1.2 Facteurs de risque accidentogène chez les jeunes conducteurs

Les jeunes conducteurs présentent un risque accru d'accidents de la route par rapport à la population générale. De nombreux facteurs influent sur les comportements des jeunes conducteurs novices. Bates et al. (2014) a adapté un cadre conceptuel (voir figure 1.5 ci-dessous) provenant des travaux de A. Williamson (2003). Ce cadre permet de classifier les différents facteurs qui contribuent au risque élevé d'accidents chez les jeunes. Ces facteurs comprennent les influences sociales et situationnelles (nombre de passagers, usage d'alcool et de drogue, usage du téléphone mobile, fatigue, etc.), les influences liées à l'exposition (moment de la journée, facteurs environnementaux) et les caractéristiques des jeunes conducteurs. Parmi ces dernières caractéristiques, on peut distinguer les attributs des conducteurs (âge, sexe, personnalité) de celles qui peuvent être modifiables (formation, compétence, expérience). Enfin, le comportement des

conducteurs est tributaire de l'évaluation de la situation, de la prise de décision et de la perception du risque.

L'étude de Bellavance et al. (2005) a également mis en évidence les déterminants de la prise de risque chez les nouveaux conducteurs. Ils distinguent « la prise de risque volontaire » (vitesse par exemple) du risque pris de façon involontaire en raison d'une mauvaise perception du danger par exemple.



**Figure 1.5** : Facteurs relatifs à la sécurité des jeunes conducteurs (Source : Bates et al., 2014)

L'objectif de notre étude est de comprendre dans quelle mesure les caractéristiques du conducteur (âge, sexe) et des attributs modifiables que sont l'expérience et la formation sont des éléments importants pour améliorer la sécurité routière.

### 1.2.1 Effet d'âge ou l'expérience au volant : quel facteur pour mieux cerner le risque

Les deux facteurs classiquement invoqués pour expliquer le sur-risque d'accident des jeunes conducteurs sont l'âge en raison des caractéristiques psychologiques de l'adolescence et de la post-adolescence et l'inexpérience, car les jeunes ont généralement leur permis depuis peu de temps (OMS, 2004).

En effet, il ressort de nombreuses études que l'âge et l'expérience ont un impact important et indépendant sur le risque d'accident (MacCartt et al., 2009 ; Mayhew et al., 2003 ; Williams, 2003 ; Williams, 2006). Mayhew et al. (2003) ont montré qu'il existait des risques majorés chez les plus jeunes par rapport à des groupes plus âgés et que le risque chez les plus jeunes était maximal le premier mois après l'obtention du permis permettant de conduire sans être accompagné. Ce risque diminuait significativement au cours des deux premières années de conduite, et notamment au cours des six premiers mois. Cela pouvait être dû à l'expérience. Toutefois, dans leur étude, l'effet d'âge subsiste dans la mesure où les conducteurs novices de 16-19 ans ont un risque d'accident plus élevé que les conducteurs novices de 20 ans et plus avec le même niveau d'expérience.

De la même façon, Curry et al. (2015) ont mis en évidence le rôle de l'interaction de l'âge et de l'expérience dans le risque d'accident de la circulation. L'étude portait sur les jeunes conducteurs de 17 à 20 ans dans l'état du New Jersey aux États-Unis. Curry et al. ont montré, à partir de taux mensuel d'accident, que les conducteurs novices ayant eu leur permis probatoire (*intermediate license*) à 17 ans (et 0 mois) avaient plus de risque d'avoir un premier accident le premier mois que les conducteurs novices plus âgés (supérieur à 17 ans et 6 mois). Puis, le taux d'accident chez les conducteurs novices des plus jeunes baissait assez fortement pendant les six premiers mois pour converger avec les taux d'accident chez les conducteurs novices plus âgés.

Ainsi, les résultats dans la littérature n'établissent pas totalement si l'inexpérience au volant est un facteur accidentogène plus important que le manque de maturité dû à l'âge. En raison de l'inexpérience, les jeunes sont moins aptes à percevoir les dangers, à

maîtriser le véhicule et à prendre les décisions qui s'imposent sur la route (OMS, 2007). Par ailleurs, il est établi que les jeunes peuvent rechercher des situations et des expériences qui donnent « des sensations », ceci débouchant sur des comportements à risque, comme dans la conduite d'un véhicule (Jonah, 1986).

### 1.2.2 L'inégalité entre les jeunes hommes et les jeunes femmes face aux accidents et aux infractions de la route

La plupart des études font valoir que les jeunes de sexe masculin sont généralement plus à risque face aux accidents de la route que les jeunes de sexe féminin (OMS, 2004 ; OMS, 2017 ; Prato et al., 2010 ; Bates, 2014)). L'OMS a récemment estimé sur un plan mondial que les hommes risquent davantage que les femmes d'être impliqués dans un accident de la route, et notamment les jeunes hommes de moins de 25 ans qui encourent près de 3 fois plus de risques d'être tués dans un accident de voiture que les jeunes femmes (OMS, 2018).

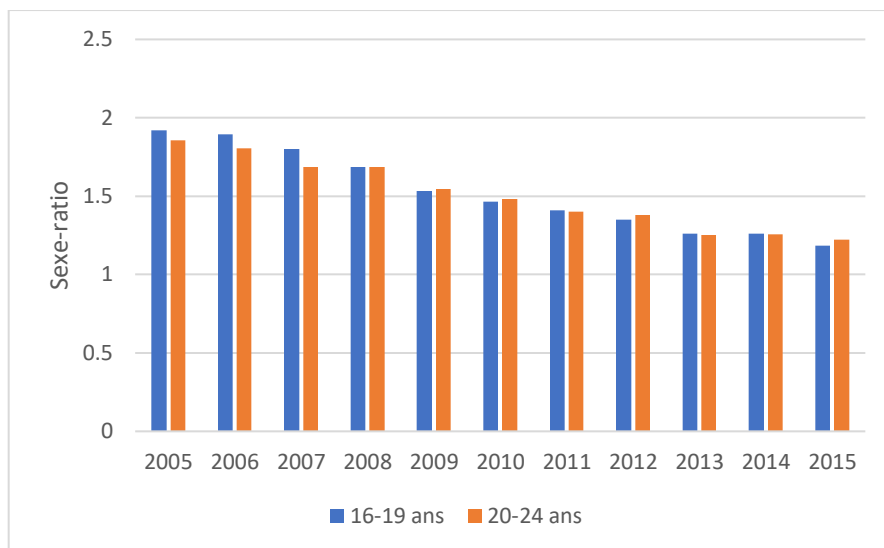
À partir de données officielles<sup>1</sup> du Québec, on observe que le sexe-ratio, rapport entre le nombre d'individus de sexe masculin et le nombre d'individus de sexe féminin, des conducteurs impliqués dans un accident de la route avec dommages corporels met en lumière une plus grande implication des jeunes conducteurs que des jeunes conductrices. Toutefois, il apparaît que l'écart entre hommes et femmes a diminué sur la période étudiée (2005-2015) avec un sexe-ratio pour les 16-19 ans et les 20-24 ans respectivement de 1,18 et de 1,22 en 2015 comparativement à 1,92 et 1,85 en 2005 (figure 1.6). Ainsi, même si les jeunes hommes sont toujours plus à risque d'être impliqués dans un accident avec dommages corporels, l'écart entre les sexes a tendance à se réduire.

---

<sup>1</sup> Voir le site suivant :

[http://www.bdso.gouv.qc.ca/pls/ken/ken213\\_afich\\_tabl.page\\_tabl?p\\_iden\\_tran=REPERIM6TA42912122593245900p7A&p\\_lang=1&p\\_m\\_o=SAAQ&p\\_id\\_ss\\_domn=718&p\\_id\\_raprt=3369](http://www.bdso.gouv.qc.ca/pls/ken/ken213_afich_tabl.page_tabl?p_iden_tran=REPERIM6TA42912122593245900p7A&p_lang=1&p_m_o=SAAQ&p_id_ss_domn=718&p_id_raprt=3369)

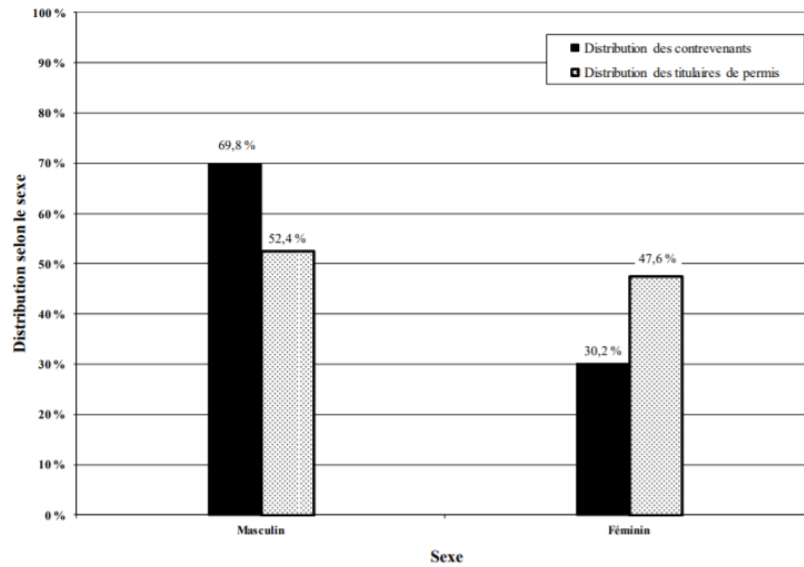




**Figure 1.6** : Sexe-ratio des conducteurs impliqués dans un accident avec dommages corporels pour les 16-19 et 20-24 ans, Québec, 2005-2015. Source : Banque de données des statistiques officielles du Québec.

Un rapport de la SAAQ (Tardif, 2015) a également mis en évidence la surreprésentation des contrevenants de sexe masculin pour les infractions au Code de la sécurité routière (Figure 1.7). En effet, nous observons que les conducteurs de sexe masculin ayant commis une infraction sont surreprésentés par rapport au nombre de titulaires de permis dans la proportion de 1,33 (69,8 %/52,4 %).

**Distribution selon le sexe des contrevenants  
pour l'ensemble des infractions au Code de la sécurité routière  
par rapport à la distribution des titulaires de permis  
2005 à 2014**



**Figure 1.7 :** Distribution selon le sexe des contrevenants pour l'ensemble des infractions au Code de la sécurité routière par rapport à la distribution des titulaires de permis, Québec, 2005-2014, Source : Tardif, 2015

### 1.3 La lutte contre l'insécurité routière chez les jeunes conducteurs : Programme d'accès graduel et cours obligatoires

Au début de ce chapitre, nous avons souligné que les accidents mortels impliquant des conducteurs âgés de 16-24 ans avaient fortement diminué entre 2005 et 2017 avec une légère hausse depuis 2014. Le bilan routier de la SAAQ en 2017 fait état d'une aggravation du nombre de décès chez les conducteurs de 15 à 24 ans en 2017 de 3,1 % comparativement à la moyenne de 2012 à 2016. Cette hausse chez les 15 à 24 ans est la première observée depuis 5 ans (SAAQ, 2017a ; SAAQ, 2018). Ainsi, cette tendance générale à la baisse demeure encore fragile et la lutte contre l'insécurité routière chez les jeunes conducteurs doit continuer à être une priorité des pouvoirs publics et de la société civile.

Un plus grand risque de collision des jeunes conducteurs novices est le résultat d'une combinaison de facteurs associant leur inexpérience de conduite avec des comportements plus à risque tels que la conduite à risque (vitesse, moindre respect des distances entre véhicules), l'usage de l'alcool ou le non-port de la ceinture de sécurité (Ferguson, 2003 ; Ouimet et Corado, 2015). Il a été montré également que la conduite de nuit avec de jeunes passagers constituait une situation à risque pour les jeunes conducteurs novices (Ouimet et Corado, 2015 ; Ouimet et al., 2015).

Face au sur-risque accidentel des jeunes conducteurs débutants, de nombreux pays ont mis en place un système de permis graduel dispensant un apprentissage sur une plus longue période en protégeant les jeunes conducteurs et en leur permettant d'acquérir de l'expérience dans des conditions de faibles risques (Shope, 2007 ; Assailly, 2016). L'accès graduel à la conduite permet de contrôler et de surveiller pendant un certain temps la montée en capacité des conducteurs novices. Il ne s'agit pas d'une formation à proprement parler, mais plutôt d'une réduction de l'exposition au risque (Assailly, 2016).

### 1.3.1 Un programme d'accès graduel à la conduite : amélioration de la formation des conducteurs

Pour réduire le sur-risque accidentel des jeunes conducteurs, un accès à la conduite de façon graduelle a été mis en place dès 1997 au Québec (Dussault, 2000). D'autres pays comme les États-Unis, l'Australie et la Nouvelle-Zélande ont également mis en place l'accès graduel à la conduite (AGC) ces dernières années (Shope, 2007). Dans ces différents pays où les transports en commun et la mobilité en deux-roues sont peu développés, les jeunes conduisent plus tôt, car ils sont très dépendants de la voiture. La stratégie dominante a été de réduire l'exposition au risque lors des années d'inexpérience de la conduite par le système d'AGC (Assailly, 2016).

Au Québec, ce système d'AGC comporte deux étapes. Tout nouveau conducteur doit obtenir un permis d'apprenti conducteur assorti de trois conditions : âge minimal de 16 ans, conduite accompagnée, alcoolémie zéro et seuil de quatre points d'inaptitude. Ensuite, il est nécessaire d'obtenir un permis probatoire d'une durée de deux ans avant l'obtention d'un permis régulier. L'AGC a connu quelques modifications depuis 2010 qui sont synthétisées plus loin dans le tableau 1.1.

Depuis 2010, l'âge minimal pour l'obtention du permis probatoire est de 17 ans au Québec. Les autres provinces canadiennes donnent accès au permis probatoire dès l'âge de 16 ans, sauf la Colombie-Britannique qui possède la même législation qu'au Québec. L'AGC est en vigueur dans les cinquante états américains avec des variations par état.

L'accès graduel aux points d'inaptitude maximum est une pratique courante dans toutes les provinces canadiennes et en Australie, mais peu fréquente aux États-Unis. Cette pratique pousse les jeunes conducteurs à limiter les risques pris sur la route dans la mesure où ils obtiennent le nombre maximum de points d'inaptitude à partir de 25 ans dans le cas du Québec.

Plusieurs autres mesures modifiant le Code de la sécurité routière sont entrées en vigueur au Québec en mai 2018. Parmi les différentes mesures, il y a un couvre-feu de minuit à 5 heures du matin pour les apprentis conducteurs et une limitation du nombre

de passagers de 19 ans et moins durant ces mêmes heures pour les détenteurs d'un permis probatoire.

Il ressort des vingt-et-une études analysées par Shope (2007) que les différents programmes d'accès graduel à la conduite mis en œuvre aux États-Unis ont eu des résultats positifs. De façon générale, le risque a baissé entre 20 et 40 % chez les conducteurs les plus jeunes. Dans sa synthèse, Shope estime que l'accès graduel permet d'éviter que les jeunes soient face à des situations à risque grâce à la conduite accompagnée, aux restrictions de conduite la nuit avec des passagers et à l'accès plus tardif à un permis régulier. Toutefois, l'AGC a moins d'effet sur l'atténuation du comportement à risque des jeunes conducteurs (Ferguson, 2003).

### 1.3.2 Mise en place d'une réforme de la sécurité routière en 2010 au Québec

Malgré l'impact positif de l'AGC sur la sécurité routière des jeunes au Québec, les jeunes sont encore fortement impliqués dans les accidents de la circulation dans les années 2000 (Béliveau et Gendreau, 2018). Une nouvelle réforme se met en place. À partir du 17 janvier 2010, des cours de conduite obligatoires sont réinstaurés au Québec, mais toujours dans le cadre d'un programme d'accès graduel à la conduite. Les cours vont mettre l'accent sur un contenu pédagogique avec une meilleure intégration des savoirs, des savoir-faire et des savoir-être sur la route (SAAQ, 2012).

#### *Avant 2010 : des cours de conduite non obligatoires*

La réforme introduite le 30 juin 1997 a supprimé l'obligation de suivre tout cours de conduite, théorique ou pratique, pour obtenir un permis probatoire, alors que ces cours étaient en vigueur depuis 1983. La réforme de 1997 a toutefois introduit le programme d'accès graduel à la conduite pour les jeunes conducteurs : un permis d'apprenti, un permis probatoire et un permis régulier (tableau 1.1). Toute personne de 16 à 25 ans a accès à ce permis d'apprenti conducteur, valide pour une période de 18 mois après la réussite d'un examen théorique. Les jeunes apprentis sont alors autorisés à conduire un

véhicule accompagné d'un titulaire de permis régulier depuis au moins deux ans. Environ douze mois après l'obtention du permis d'apprenti, le candidat peut se présenter à un examen pratique dont la réussite permet l'acquisition du permis probatoire, valide pour 24 mois à l'issue duquel le permis régulier est délivré. Néanmoins, si le candidat décide de suivre un cours de conduite pratique dans une école de conduite, il peut se présenter à l'examen pratique huit mois après le permis d'apprenti conducteur au lieu de douze mois. Dans le cadre du permis d'apprenti et du permis probatoire, le conducteur ne dispose que de quatre points d'inaptitude et d'une tolérance zéro en matière d'alcoolémie (Dussault, 2000).

### *Une réintroduction des cours de conduite obligatoires en 2010*

À partir du 17 janvier 2010, les cours de conduite obligatoires sont réintroduits. Ils se composent d'une partie théorique de vingt-quatre heures et d'une partie pratique de quinze heures sur la route avec un moniteur (voir site de la SAAQ). Après la quatrième séance de cours théorique, c'est-à-dire à la fin de la huitième heure de cours, le candidat est autorisé à passer l'examen théorique en vue de l'obtention du permis d'apprenti conducteur. Dix mois après ce permis et une fois les vingt-quatre heures de cours théoriques suivies, le candidat peut alors se présenter à un examen théorique, obligatoire en plus de la réussite de l'examen pratique pour l'obtention du permis probatoire. Puis, 24 mois après l'obtention du permis probatoire, le conducteur peut obtenir le permis régulier.

Au cours des quatre phases de la formation théorique qui représentent les vingt-quatre heures de cours, différentes compétences doivent être acquises, dont notamment l'établissement du profil d'un conducteur au comportement sécuritaire, coopératif et responsable, la manœuvre d'un véhicule, le partage de la route et l'utilisation du réseau routier de façon autonome et responsable. En échelonnant des cours sur une période de 12 mois, cela permet au conducteur d'intégrer progressivement tous ces concepts.

Un régime de points d'inaptitude graduel s'applique au permis de conduire régulier : des quatre points d'inaptitude du permis probatoire, le conducteur obtient progressivement huit points d'inaptitude s'il a moins de 23 ans, douze points entre 23 et 24 ans et enfin quinze points à 25 ans et plus. Tout candidat peut donc obtenir le permis probatoire à partir de 17 ans. Les conditions spécifiques de chacune des deux législations, c'est-à-dire celle mise en place en 1997 jusqu'en 2010 et celle instaurée depuis 2010, sont résumées dans le tableau 1.1.

**Tableau 1.1** : Différences entre le permis apprenti et le permis probatoire selon les législations avant et après 2010. Source : [saaq.gouv.qc.ca](http://saaq.gouv.qc.ca)

Type de législation	Type de permis	Exigences	Restrictions
juin 1997 à janvier 2010	Permis d'apprenti	<p><u>Âge</u> : 16 ans ou plus</p> <p><u>Obtention</u> : Réussite de trois parties d'un examen théorique</p> <p><u>Durée</u> : Au moins 12 mois ou 8 mois si l'on suit un cours de conduite</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tolérance zéro alcool</li> <li>• 4 points d'inaptitude</li> <li>• Doit être accompagné d'un conducteur détenant un permis régulier depuis au moins 2 ans</li> </ul>
	Permis probatoire	<p><u>Durée</u> : 2 ans sans aucune sanction ou jusqu'à 25 ans</p> <p><u>Obtention</u> : Doit avoir réussi l'examen pratique</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tolérance zéro alcool</li> <li>• 15 points d'inaptitude</li> </ul>
Janvier 2010 à aujourd'hui	Phase 1 : Préalable au permis d'apprenti	<p><u>Durée</u> : 28 jours minimum</p> <p>Suivre les cinq premiers modules théoriques</p>	Aucune conduite sur route
	Phase 2 : Conduite dirigée	<p><u>Âge</u> : 16 ans ou plus</p> <p><u>Durée</u> : Au moins 28 jours</p> <p><u>Obtention</u> : Réussir un examen théorique qui porte sur les cinq premiers modules théoriques à la fin de la phase 1.</p>	<p><u>Permis d'apprenti</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tolérance zéro alcool</li> <li>• 4 points d'inaptitude</li> <li>• Doit être accompagné d'un conducteur détenant un permis régulier depuis au moins 2 ans</li> </ul>
	Phase 3 : Conduite semi-dirigée	<p><u>Durée</u> : Au moins 56 jours</p> <p><u>Obtention</u> : Réussir la phase 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depuis mai 2018 : Couvre-feu entre minuit et 5h00</li> </ul>
	Phase 4 : Conduite semi-dirigée à autonome	<p><u>Durée</u> : Au moins 56 jours</p> <p><u>Obtention</u> : Réussir la phase 3</p>	
	Permis probatoire	<p><u>Obtention</u> : Réussir la phase 4 ainsi qu'un examen théorique et un examen pratique dispensés par la SAAQ. De plus, le conducteur doit détenir son permis apprenti depuis au moins 12 mois.</p>	<p><u>Permis probatoire</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tolérance zéro alcool</li> <li>• Durée : 2 ans sans aucune sanction</li> <li>• 4 points d'inaptitude</li> <li>• Depuis mai 2018 : limitation du nombre de passagers entre minuit et 5 heures du matin pour les conducteurs âgés de 19 ans et moins</li> </ul>

On a pu mentionner ci-dessus (figure 1.2) une tendance à la baisse entre 2005 et 2017 du nombre de conducteurs âgés de 16-24 ans impliqués dans un accident mortel, malgré des pics en 2006 et 2010 et une légère remontée entre 2015 et 2017. Les dispositifs de l'AGC depuis 1997 ont permis de retarder l'exposition des conducteurs novices à des situations à risque ; de même, les récentes restrictions imposées en mai 2018 concernant la conduite de nuit et le nombre de passagers la nuit vont diminuer les risques auxquels les nouveaux conducteurs peuvent être exposés. Enfin, les cours obligatoires mis en place en 2010 visent à améliorer la sécurité routière en formant une nouvelle génération de conducteurs plus sensibilisés aux risques et respectueux de la réglementation routière.

Toutes ces réformes ont contribué à lutter contre l'insécurité routière des jeunes conducteurs. Il existe par ailleurs des mesures répressives (amendes, retrait de points, retrait de permis, etc.) qui peuvent affecter les comportements des conducteurs par crainte de se voir appliquer des sanctions. Il reste néanmoins qu'en 2017 les victimes âgées de 15 à 24 ans constituent le groupe où la proportion de conducteurs décédés sur les routes est la plus élevée (23,8 %) au Québec (SAAQ, 2018). L'option de dépister les conducteurs à haut risque pourrait aussi être une stratégie pertinente. Hirsch et Maag (2001) ont proposé lors d'une conférence sur la sécurité routière un programme de dépistage avec plusieurs étapes, nommé « la procédure des trois fanions », qui pourrait être intégré dans la procédure d'obtention d'un permis déjà existante. Ce dépistage s'appuierait sur trois évaluations faites au cours du processus d'acquisition du permis. Il s'agirait de mesurer les performances à l'examen théorique et à l'examen pratique, ainsi que d'évaluer le comportement du conducteur après l'obtention du permis probatoire. Ce dépistage pourrait renseigner les autorités chargées de la sécurité routière sur les conducteurs à haut-risque et permettre ainsi de renforcer leur responsabilisation et de les sensibiliser davantage à la sécurité routière.



## 2. Présentation des données

### 2.1. Source des données

Pour cette étude, nous avons utilisé des données fournies par la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) qui est une société d'État ayant comme mandat de renforcer la sécurité routière au Québec. La SAAQ délivre les permis de conduire et les certificats d'immatriculation des véhicules et assure le contrôle routier et la sécurité des véhicules. Le régime public d'assurance de la SAAQ protège les Québécois qui sont victimes d'un accident routier et offre des indemnités.

Notre étude porte sur les accidents de la route<sup>2</sup> et les infractions au Code de la sécurité routière survenus entre 2005 et 2014 au Québec et mettant en cause un nouveau conducteur.

La SAAQ nous a fourni un ensemble de fichiers de données rendues anonymes. Parmi ces fichiers, les tables de données « Accidents », « Conducteurs », « Code sécurité routière », « Propriété véhicules », « Examens théoriques » et « Examens pratiques ont été exploitées dans le cadre de cette étude.

Le fichier "Accidents" provient des rapports de police remplis sur les lieux des accidents. L'agent de la paix qui se rend sur les lieux d'un accident doit, dans les huit jours, informer la Société de l'assurance automobile du Québec de cet accident, en lui transmettant un rapport (article 173 du Code de la sécurité routière, SAAQ (2017c)). Pour être

---

<sup>2</sup> « Un accident de véhicule routier est défini comme un événement au cours duquel un dommage est causé par un véhicule routier en mouvement » (article 167 du Code de la sécurité routière), voir SAAQ (2017c)

comptabilisés, les accidents doivent présenter soit des dommages corporels, soit une évaluation des dommages matériels supérieure à 1000 \$ avant le 18 mars 2010 ou excédant 2000 \$ après cette date (SAAQ, 2017c). De plus, tous les accidents doivent impliquer au moins un véhicule en mouvement. Les fichiers “Accidents” et “Conducteurs” recueillent des données concernant les conducteurs (âge et sexe, type d’usager de la route, port de la ceinture de sécurité, nombre d’années d’expérience de conduite du conducteur, gravité des blessures, etc.), le type des véhicules impliqués (automobile, véhicule lourd, véhicule d’urgence, etc.) et les circonstances de l’accident (aspect, nature et état de la chaussée, catégorie de route, cause(s) de l’accident, signalisation, mouvement des véhicules, visibilité, éclairage, temps ou conditions météorologiques, heure de l’accident, environnement, etc.). Ces conducteurs dans cette étude sont définis par le fait qu’ils ont obtenu un permis d’apprenti conducteur de classe 5 entre 2005 et 2014 et n’ayant jamais conduit d’autres types de véhicules auparavant comme la motocyclette. Dans le fichier “Code de sécurité routière”, nous disposons d’informations sur tout ce qui a trait aux infractions c’est-à-dire le type d’infraction, la date de l’infraction, la date de la condamnation, le nombre de points d’inaptitude obtenu, etc. Nous pouvons également prendre connaissance de la période durant laquelle un sujet était propriétaire d’au moins un véhicule ayant une autorisation valide de circuler entre 2005 et 2014. En effet, toutes les dates de début et de fin de propriété sont inscrites à dans le fichier “Propriété véhicules”. Enfin, dans les fichiers “Examens théoriques” et “Examens pratiques”, nous sommes en possession de données sur les examens théoriques et pratiques subis pour l’obtention du permis de classe 5 par les nouveaux conducteurs avec entre autres la date de chaque examen et une indication de la réussite ou de l’échec de l’examen identifié.

Cette étude porte sur les nouveaux jeunes conducteurs et leurs parcours pour l’obtention du permis de conduire probatoire de même que leurs risques d’avoir des accidents de la route et/ou de commettre des infractions.

Les tables analysées comprennent pour la période 2005-2014 les éléments suivants : 1) les tables où sont recensés les accidents impliquant au moins un nouveau conducteur

(229 671 observations); 2) les tables avec les données propres des nouveaux conducteurs impliqués dans un accident (229 671 observations); 3) une table avec des informations sur les infractions au Code de la sécurité routière des nouveaux conducteurs (936 932 observations); 4) une table comportant des données sur la période de possession d'un véhicule d'un nouveau conducteur (1 147 328 observations); 5) deux tables contenant des données sur les résultats des examens théoriques (5 220 602 observations) et pratiques (969 682 observations) des nouveaux conducteurs sur la même période. À partir de ces tables, nous avons créé deux autres tables : une comprenant tous les résultats des examens théoriques et pratiques avec d'une part tous les accidents et d'autre part les infractions. Pour fusionner toutes ces différentes tables, nous avons utilisé la clé "no\_seq\_saaq", qui est un numéro anonyme unique identifiant chaque nouveau conducteur. Les variables sur les caractéristiques et les circonstances de l'accident ont été exclues des analyses dans cette étude.

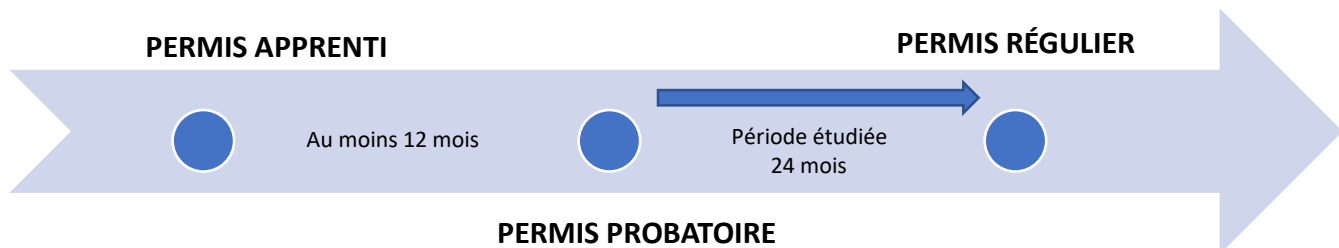
Étant donné que nous nous concentrons uniquement sur les jeunes nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans, nous nous limiterons à cet ensemble de conducteurs au cours de cette étude. En effet, les risques d'accident et d'infraction chez les nouveaux conducteurs constituent le centre d'intérêt de cette étude. Ainsi, des 969 682 nouveaux conducteurs entre 2005 et 2014, nous n'avons retenu que ceux âgés entre 16 à 24 ans au moment de l'obtention du permis probatoire, soit 680 206 nouveaux conducteurs. Dans notre étude, ces conducteurs sont observés pendant différentes périodes, ce qui peut diminuer le total de conducteurs selon la période observée de la phase probatoire, car tous les conducteurs ne sont pas observés à chaque période. En effet, par exemple, s'ils n'ont pas obtenu leur permis probatoire vingt-quatre mois avant le 31 décembre 2014, ils ne seront pas observés durant toute la période probatoire. De plus, chaque accident est également identifié par un numéro unique déterminé par la variable "no\_acc". Sur cette base de 229 671 accidents impliquant au moins un véhicule routier et un nouveau conducteur, seuls 155 507 d'entre eux ont été pris en compte dans notre analyse. En effet, nous avons éliminé tous les accidents où le nouveau conducteur

impliqué n'était pas âgé entre 16 et 24 ans au moment de l'obtention du permis probatoire.

## 2.2. Préparation des données

Notre recherche se propose d'analyser le risque chez les conducteurs d'avoir un accident ou de commettre une infraction dans les deux premières années (24 mois) après l'obtention du permis probatoire, c'est-à-dire pendant la période entre le permis probatoire et l'obtention du permis régulier (voir figure 2.1). Ces nouveaux conducteurs sont généralement considérés plus à risque d'avoir des accidents du fait de leur jeunesse et du manque d'expérience de la conduite. Nous chercherons à évaluer l'effet de l'âge à l'obtention du permis probatoire et l'effet de l'expérience de conduite sur le risque d'accident et d'infraction. Compte tenu des modifications intervenues en 2010 au Québec sur la formation graduelle à la conduite avec la mise en place de nouveaux cours obligatoires sur la sécurité routière, nous tenterons également de cerner l'incidence de ce nouveau programme sur le risque d'accident et d'infraction chez les nouveaux conducteurs. Enfin, nous tenterons de comprendre si des échecs aux examens théoriques et pratiques pour l'obtention du permis probatoire ont un impact sur les risques d'accidents et d'infractions.

Pour ce faire, nous avons dû effectuer des étapes préliminaires de préparations des données. Celles-ci se composent principalement de regroupements de certaines modalités en classes et de la création de nouvelles variables afin de synthétiser l'information et de faciliter les analyses et l'interprétation des résultats. Le traitement des données et les analyses statistiques ont été effectués à l'aide du logiciel SAS 9. 4..



**Figure 2.1** : Période d'étude : entre l'obtention du permis probatoire et celle du permis régulier dans le cadre du programme de formation graduelle à la conduite

### 2.2.1. Variables dépendantes

L'objet de notre mémoire est d'étudier l'exposition au risque d'accident et d'infraction chez le nouveau jeune conducteur d'automobile. Nous allons étudier d'une part la survenue d'au moins un accident ou d'une infraction entre l'obtention de son permis probatoire et l'obtention de son permis régulier. Les nouveaux conducteurs étant généralement considérés comme plus à risque en raison de leur inexpérience, le délai entre l'obtention du permis probatoire et la survenue d'un accident ou d'une infraction durant les 24 premiers mois sera mesuré. L'analyse de ce délai permettra d'évaluer les périodes les plus à risque chez le nouveau conducteur.

Notre étude porte sur la période de 24 mois qui s'étend entre l'obtention du permis probatoire et l'obtention du permis régulier des nouveaux conducteurs. Nous n'avons pas pris en compte la période précédant l'obtention du permis probatoire, à savoir celle entre le permis d'apprenti conducteur et le permis probatoire. En effet, le nombre d'accidents parmi les nouveaux conducteurs ayant le permis d'apprenti ne représente que 1,5 % des accidents totaux. Nous avons estimé que cela n'aurait qu'une influence

négligeable sur les résultats de notre recherche. Compte tenu du fait que le permis d'apprenti conducteur ne donne accès au réseau routier qu'à condition d'être accompagné d'un moniteur d'une école de conduite ou d'un accompagnateur, les risques d'accident ou d'infraction sont minorés. Seuls les accidents et les infractions durant la période entre le permis probatoire et le permis régulier seront analysés.

Le risque d'accident est analysé dans un premier temps au moyen d'une variable dichotomique dont la valeur est de zéro si le conducteur n'a pas eu d'accident pendant la période étudiée. Dans le cas contraire, la variable prend la valeur un. Nous avons fractionné la période de vingt-quatre mois en quatre périodes de six mois. Puis, nous avons divisé la première période de six mois, c'est-à-dire les six premiers mois après l'obtention du permis probatoire en six périodes d'un mois. Une régression logistique a été effectuée sur l'ensemble de la période puis sur chaque période de six mois et enfin sur chacune des six périodes d'un mois qui constituent les six premiers mois de la période probatoire. Ces variables ont été construites à partir des dates des survenues d'accident et de la date d'obtention du permis probatoire du conducteur. Nous avons donc plusieurs variables dichotomiques : quatre variables où l'on sait si le conducteur a eu un accident durant chacune des périodes après l'obtention de son permis probatoire ainsi qu'une variable globale qui mesure la survenue ou non d'un accident sur l'ensemble des vingt-quatre mois de la période probatoire. De plus, nous avons voulu étudier plus précisément l'impact des variables explicatives sur les six premiers mois après l'obtention du permis probatoire c'est-à-dire la période où le risque d'accident est le plus élevé dans la phase probatoire. Nous disposons donc de six variables supplémentaires qui nous indiquent mois par mois jusqu'au sixième mois après l'obtention du permis probatoire si le conducteur a eu un accident ou non.

Le même raisonnement a été effectué pour l'analyse du risque de commission d'une infraction sur la même période de vingt-quatre mois, laquelle est également fractionnée en période de six mois. Néanmoins, à la différence du risque d'accident, nous n'avons pas fractionné les six premiers mois après l'obtention du permis probatoire en six périodes d'un mois chacune.

Dans un second temps, nous avons choisi d'analyser le risque d'accident et le risque d'infraction par une régression logistique multinomiale. Par conséquent, nous avons créé une variable nominale qui possède quatre catégories, nommée « cat\_acc\_0\_24 ». Cette variable dépendante est égale à 0 si le nouveau conducteur n'a eu aucun accident et aucune infraction durant sa phase probatoire. Si le conducteur a eu au moins une infraction et aucun accident, « cat\_acc\_0\_24 » est égale à 1. Cette variable est égale à 2 si le conducteur a eu au moins un accident et aucune infraction. Enfin, si le conducteur a eu au moins un accident et au moins une infraction pendant sa phase probatoire, « cat\_acc\_0\_24 » est égale à 3. Cette variable a été construite à l'aide de la date d'obtention du permis probatoire ainsi que les dates d'accidents et les dates où le conducteur a commis des infractions.

Dans un troisième temps, la variable d'intérêt dans le cadre d'une analyse de survie est le délai entre l'obtention du permis probatoire et la survenue d'un accident dans la période de vingt-quatre mois. Le temps de survie est défini par la variable « days\_acc » qui représente le temps en jours entre la date de l'obtention du permis probatoire et la date de survenue du premier accident dans les vingt-quatre premiers mois suivants l'obtention du permis. Il s'agit d'une variable continue. Cette variable a été construite à partir de la date d'obtention du permis probatoire et de la date de survenue du premier accident.

### 2.2.2. Variables indépendantes ou explicatives

Les variables explicatives principales prises en compte dans nos modèles sont au nombre de neuf. Notre étude vise entre autres à comprendre l'impact des modifications apportées en 2010 à la formation graduelle à la conduite au Québec. Pour ce faire, une variable dichotomique a été créée afin de distinguer les conducteurs qui ont obtenu leur permis probatoire avant 2010, c'est-à-dire sans l'obligation de suivre un cours de conduite, ou après 2010, avec la mise en place du cours de conduite obligatoire dans le programme de formation graduelle. La variable prend la valeur « 0 » si le nouveau

conducteur a obtenu son permis probatoire avant 2010 et « 1 » si après 2010. Dans nos interprétations, la catégorie de référence sera lorsque la variable prend la valeur « 0 ».

Une variable explicative importante est l'âge à l'obtention du permis probatoire. Elle a été calculée à partir de la date de naissance et de la date d'obtention du permis probatoire. Celle-ci a également été regroupée en trois modalités : « 16-18 » ans, « 19-20 » ans et « 21-24 » ans. Les « 16-18 » ans ont été regroupés ainsi, car il s'agit de la tranche d'âge sur laquelle les résultats et les interprétations seront orientés. Les « 19-20 ans » et les « 21-24 » ans représentent approximativement la même proportion de la base de données. Dans nos interprétations, la catégorie de référence sera la modalité « 21-24 ».

Le processus d'accès au permis de conduire met également en évidence deux variables, « echec\_t » et « echec\_p » qui sont respectivement le nombre d'échecs à un examen théorique et à l'examen pratique en vue de l'obtention des permis apprenti et probatoire. Nous prendrons en compte l'ensemble des examens théoriques, enregistrés par la SAAQ, qui doivent être réussis pour accéder au permis probatoire. Entre 1997 et 2010, il fallait réussir un examen théorique pour l'obtention du permis apprenti qui se composait de trois parties distinctes. Depuis 2010, le conducteur doit réussir un examen théorique pour l'obtention du permis apprenti puis la réussite d'un examen théorique dispensé par la SAAQ est nécessaire à l'obtention du permis probatoire. Un échec à un quelconque examen théorique, que cela concerne l'un des trois volets de l'examen théorique avant 2010 (pour le permis apprenti) ou l'examen théorique pour l'obtention du permis probatoire après la réforme de 2010, est identifié par la variable « echec\_t ». De plus, l'examen théorique pour l'obtention du permis apprenti est dispensé par l'école de conduite. Ainsi, la SAAQ ne sait pas si le candidat a passé plusieurs fois l'examen avant sa réussite. En effet, la SAAQ ne comptabilise dans sa base de données que la tentative où le candidat a réussi l'examen théorique du permis apprenti d'où le fait que la variable « echec\_t » ne prend pas en compte cet examen-là. Cette variable prend la valeur « 0 » s'il n'y a eu aucun échec et « 1 » s'il y a eu au moins un échec à un des examens



théoriques. Dans nos interprétations, la catégorie de référence sera lorsque la variable est égale à 0.

La littérature montre que le sexe a également un rôle à jouer dans l'explication du risque d'accident et d'infraction. Pour cela, nous avons utilisé la variable dichotomique « Phys\_Sexe » disponible dans le fichier « Conducteurs ». Cette variable ne comporte donc que deux valeurs : « Femme » et « Homme ». Dans nos interprétations, la catégorie de référence sera la modalité « Femme ».

De plus, à l'aide du fichier « Propriété véhicules », nous avons pu construire une variable qui mesure le pourcentage de la période probatoire pendant laquelle le nouveau conducteur a été propriétaire d'au moins un véhicule à l'aide des dates de début et de fin de propriété. Cette variable, « Pct\_voit\_prop », se décompose en quatre modalités : « 0 », « 33 », « 66 » et « 100 ». La valeur « 0 » signifie que le nouveau conducteur n'a jamais été propriétaire d'un véhicule pendant sa période probatoire, « 33 » signifie que le nouveau conducteur a été propriétaire d'un véhicule jusqu'à 1/3 de la période probatoire et un conducteur qui a été propriétaire entre 1/3 et 2/3 correspond à la modalité « 66 ». Enfin, un nouveau conducteur qui a été propriétaire d'un véhicule plus de 2/3 de sa période probatoire appartient à la modalité « 100 ». La modalité « 0 » représente plus de 60 % des nouveaux conducteurs de la base de données, et les trois autres modalités sont environ équivalentes en proportion puisqu'elles détiennent un peu plus de 10 % des nouveaux conducteurs chacune. La variable « pct\_voit\_prop » est une variable proxy de l'exposition. En effet, nous ne pouvons pas mesurer exactement le nombre d'heures que chaque conducteur passe sur la route, alors nous supposons que plus un conducteur est propriétaire sur une longue période de sa phase probatoire, plus le conducteur est exposé sur la route. Cette variable proxy nous renseigne à la fois sur l'exposition et sur l'expérience des conducteurs. Dans nos interprétations, la catégorie de référence sera la modalité « 0 ». De plus, nous avons créé, dans le prolongement de cette variable, plusieurs variables dichotomiques qui nous indique si le conducteur a été propriétaire ou non d'un véhicule pendant la période observée, à savoir pendant chaque période de six mois qui découpe la période probatoire, puis dans chaque période d'un

mois pour les six premiers mois après l'obtention du permis probatoire. Ces variables sont nommées « prop\_x\_y » où x et y représentent le numéro du mois de début et de fin de la période d'observation. Ainsi, dix variables dichotomiques ont été créées : quatre pour chaque période de six mois et six pour chaque période d'un mois lors des six premiers mois de la période probatoire, notées respectivement « prop\_0\_6 », « prop\_6\_12 », « prop\_12\_18 », « prop\_18\_24 », « prop\_0\_1 », « prop\_1\_2 », « prop\_2\_3 », « prop\_3\_4 », « prop\_4\_5 » et « prop\_5\_6 ».

Dans nos modèles, nous avons également utilisé deux variables « acc\_app » et « inf\_app » déterminées à l'aide de la date d'obtention du permis apprenti ainsi que du permis probatoire et des dates d'accident et d'infraction pendant la période de conduite avec un permis apprenti. Ces variables sont dichotomiques, « acc\_app » et « inf\_app » sont égales à 1 respectivement si le conducteur a eu un accident ou une infraction pendant sa période apprentie, c'est-à-dire entre l'obtention du permis apprenti et du permis probatoire. Dans le cas contraire, la variable est égale à 0. Dans nos interprétations, la catégorie de référence sera la modalité « 0 ».

Enfin, la dernière variable incorporée dans nos modèles est encore une variable dichotomique notée « inf\_acc » qui nous indique si un nouveau conducteur a eu une infraction avant un accident pendant la période probatoire (« inf\_acc » =1). Si ce n'est pas le cas, la variable est égale à 0. Nous pouvons la déterminer grâce aux dates d'accidents et d'infractions ainsi que de la date d'obtention du permis probatoire pour l'établissement de la période. Dans nos interprétations, la catégorie de référence sera la modalité « 0 ».

### 2.2.3. Fréquences des principales variables

Le tableau 2.1 présente les fréquences en pourcentage des principales variables de notre base de données qui compte 559 772 observations où chaque observation représente un nouveau conducteur âgé entre 16 et 24 ans. En effet, notre base de données

comporte 680 206 nouveaux conducteurs, mais seulement 559 772 ont complété une période de vingt-quatre mois après l'obtention du permis probatoire, représentés dans le tableau 2.1 pour la quasi-totalité des variables. En revanche, pour les variables « acc\_0\_6 » et « inf\_0\_6 ne sont recensés que les conducteurs qui ont eu au moins six mois de permis probatoire après son obtention entre 2005 et 2014, à savoir 664 394 observations.

**Tableau 2.1 :** Tableau de fréquence des principales variables pour les nouveaux conducteurs de 16 à 24 ans

Variables	%	n
<b>Au moins un accident dans les 6 mois après l'obtention du permis probatoire (acc_0_6)</b>		664 394
0 : Non	94,9	
1 : Oui	5,10	
<b>Au moins une infraction dans les 6 mois après l'obtention du permis probatoire (inf_0_6)</b>		664 394
0 : Non	91,12	
1 : Oui	8,88	
<b>Au moins un échec à l'examen théorique (echec_t)</b>		559 772
0 : Non	60,50	
1 : Oui	39,50	
<b>Au moins un échec à l'examen pratique (echec_p)</b>		559 772
0 : Non	73,77	
1 : Oui	26,23	

<b>Suivi de la formation après 2010 (legis_2010)</b>		559 772
0 : Non	60,59	
1 : Oui	39,41	
<b>Au moins un accident pendant la période apprentie (acc_app)</b>		559 772
0 : Non	99,21	
1 : Oui	0,79	
<b>Au moins une infraction pendant la période apprentie (inf_app)</b>		559 772
0 : Non	96,58	
1 : Oui	3,42	
<b>Sexe</b>		559 772
Femme	51	
Homme	49	
<b>Catégorie d'âge (categorie_pp)</b>		559 772
16-18 ans	73,53	
19-20 ans	14,63	
21-24 ans	11,84	
<b>% de la période probatoire où le conducteur est propriétaire d'un véhicule (pct_voit_prop)</b>		559 772
0	62,74	
33	11,74	
66	10,67	
100	14,84	

À partir de ces fréquences, nous pouvons observer que la base de données est constituée approximativement d'autant de femmes que d'hommes et environ 75 % des nouveaux

conducteurs sont âgés de 16 à 18 ans. Nous pouvons également noter que près de 2/3 des observations de la base de données ont réussi l'examen théorique la première fois qu'ils ont passé l'examen. Il y a également environ le même pourcentage des conducteurs à avoir suivi leur formation avant la réforme de 2010 et à ne pas avoir été propriétaire d'un véhicule au cours de la période probatoire.

### 3. Analyse descriptive

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence des associations statistiques entre le risque d'accident et d'infraction des nouveaux conducteurs et les différentes variables explicatives dont nous disposons pour cette étude. Nous comparerons les risques selon la catégorie d'âge du nouveau conducteur, selon la formation que celui-ci a suivie (avant ou après 2010), selon l'expérience (durée après l'obtention du permis probatoire dans un délai de 24 mois) et selon la réussite au premier essai aux examens théorique ou pratique.

La loi sur la sécurité routière votée en 2010 a impliqué de nombreux changements au niveau de la formation, avec notamment la mise en place de cours obligatoires de sécurité routière. Nous tenterons de décrire certaines évolutions avant et après la mise en place de cette nouvelle législation.

### 3.1. Les hommes et les plus jeunes : des conducteurs plus à risque d'accident et d'infraction

#### 3.1.1. Aperçu du risque d'accident chez les nouveaux conducteurs, 2005-2014

**Tableau 3.1 :** Aperçu du risque d'accident chez les nouveaux conducteurs de 16 à 24 ans, Québec, 2005-2014

		n	Risque d'accident <sup>3</sup> pour 10000 conducteurs	Risque d'accident pour 10000 conducteurs qui ont eu au moins un échec à un exam. théorique	Risque d'accident pour 10000 conducteurs qui ont réussi au premier essai l'exam. théorique	Risque d'accident pour 10000 conducteurs qui ont eu au moins un échec à un exam. pratique	Risque d'accident pour 10000 conducteurs qui ont réussi au premier essai l'exam. pratique
<b>Sexe</b>	Homme	273501	1687,34				
	Femme	286221	1265,53				
<b>Âge</b>	[16-17[	107202	1736,91	2007,38	1659,47	1801,21	1728,39
	[17-18[	225041	1522,12	1799,89	1363,06	1614,16	1493,07
	[18-19[	83442	1437,65	1680,56	1220,80	1497,87	1407,81
	[19-20[	48482	1325,85	1502,82	1140,22	1396,49	1285,00
	[20-21[	30556	1236,09	1426,63	1020,31	1264,20	1218,21
	[21-22[	21916	1179,05	1371,52	951,62	1207,33	1160,32
	[22-23[	17190	1137,29	1291,72	958,30	1156,34	1124,88
	[23-24[	13985	1073,29	1218,42	902,58	1134,19	1034,52
<b>Période probatoire (mois)</b>	[0-6[	664394	509,59				
	[6-12[	632563	414,19				
	[12-18[	598800	368,75				
	[18-24[	559772	318,72				
<b>Au moins un échec exam. théorique</b>	Non	338474	1349,17				
	Oui	221248	1659,00				
<b>Au moins un échec exam. pratique</b>	Non	410221	1470,16				
	Oui	149501	1475,71				

<sup>3</sup> Le risque d'accident est le pourcentage de conducteurs avec au moins un accident dans la période de vingt-quatre mois avec un permis probatoire sauf pour les modalités de la variable « période probatoire » où le risque est calculé dans la période considérée après l'obtention du permis probatoire.

Le tableau 3.1 porte sur 559 772 nouveaux conducteurs âgés entre 16 et 24 ans pour la période 2005-2014. Ces nouveaux conducteurs ont tous été observés pendant une période de vingt-quatre mois après l'obtention de leur permis probatoire. En ce qui concerne la variable « période probatoire », seuls les nouveaux conducteurs qui ont complété la période considérée sont représentés. Nous indiquons qu'il est possible qu'un conducteur ait eu un accident dans les six premiers mois de sa phase probatoire et dans les six derniers mois. Ainsi, il sera comptabilisé comme ayant eu au moins un accident dans chacune de ces deux périodes de six mois.

Le risque d'accident se définit comme le pourcentage de conducteurs avec au moins un accident dans la période de vingt-quatre mois avec un permis probatoire sauf pour les modalités de la variable « période probatoire » où le risque est calculé dans la période considérée après l'obtention du permis probatoire. Le tableau 3.1 présente le risque d'accident pour 10 000 nouveaux conducteurs de 16 à 24 ans. Les résultats bivariés présentés dans ce tableau montrent tout d'abord un risque accru d'accident pour les jeunes hommes. Ces derniers sont beaucoup plus à risque que les jeunes femmes, avec 1,33 fois plus de chance d'avoir au moins un accident ( $RR=1,33$ ) dans la période de conduite avec un permis probatoire. Par ailleurs, plus l'âge et l'expérience augmentent, plus ce risque diminue. On note un écart relativement important entre le risque d'accident pour les 16-17 ans et celui des autres groupes d'âge. D'ailleurs, le risque d'accident est 1,14 fois plus élevé chez les conducteurs âgés de 16-17 ans par rapport à ceux âgés de 17-18 ans. Puis, ce risque varie tout doucement à la baisse avec l'âge. Le risque d'accident s'atténue également régulièrement au cours des 24 mois qui suivent l'obtention du permis probatoire. Ce résultat est en conformité avec l'impact de l'expérience évalué dans la littérature sur le sujet. Enfin, les conducteurs ayant échoué au moins une fois à un examen théorique dans le cadre du processus d'obtention du permis probatoire ont 1,23 fois plus de chance d'avoir un accident par rapport à ceux qui ont réussi dès la première fois. Enfin, la réussite ou non au premier essai à l'examen pratique ne semble pas avoir d'impact sur le risque de commettre un accident pour tout



âge confondu. En revanche, celle-ci semble avoir un impact sur le risque de commettre un accident si nous différencions par âge. En effet, d'après le tableau 3.1, le risque d'accident pour 10000 conducteurs qui ont échoué au moins une fois à l'examen pratique décroît avec l'âge. Cependant, la différence entre les risques d'accident selon si le conducteur a réussi au premier essai et s'il a eu au moins un échec est plus importante pour l'examen théorique que pour l'examen pratique. En effet, si le conducteur a réussi à son premier essai l'examen théorique, celui-ci aura un risque d'accident plus faible que s'il a eu au moins un échec, tandis que pour l'examen pratique, si le conducteur a réussi l'examen à son premier essai, il aura un risque légèrement plus faible que s'il avait eu au moins un échec.

### 3.1.2. Aperçu du risque d’infraction chez les nouveaux conducteurs, 2005-2014

**Tableau 3.2 :** Aperçu du risque d’infraction chez les nouveaux conducteurs de 16 à 24 ans, Québec, 2005-2014

		<b>n</b>	<b>Risque d’infraction<sup>4</sup> pour 10000</b>
<b>Sexe</b>	Homme	273501	3395,98
	Femme	286221	1952,58
<b>Âge</b>	[16-17[	107202	2932,52
	[17-18[	225041	2721,26
	[18-19[	83442	2655,20
	[19-20[	48482	2524,17
	[20-21[	30556	2401,27
	[21-22[	21916	2345,17
	[22-23[	17190	2212,72
	[23-24[	13985	2116,08
<b>Période probatoire (mois)</b>	[24-25[	11908	2063,88
	[0-6[	664394	888,21
	[6-12[	632563	1050,22
	[12-18[	598800	1079,48
<b>Au moins un échec exam. théorique</b>	[18-24[	559772	1073,01
	Non	338474	2411,17
<b>Au moins un échec exam. pratique</b>	Oui	221248	3035,33
	Non	410221	2610,08
	Oui	149501	2789,08

Le tableau 3.2 rend compte des risques d’infraction pour 559 772 nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans ayant complété les vingt-quatre mois de la période probatoire. De même que dans le tableau 3.1, pour la variable « période probatoire », seuls les conducteurs ayant complété la période considérée sont comptabilisés, ce qui rend un total différent dans chaque tranche de six mois.

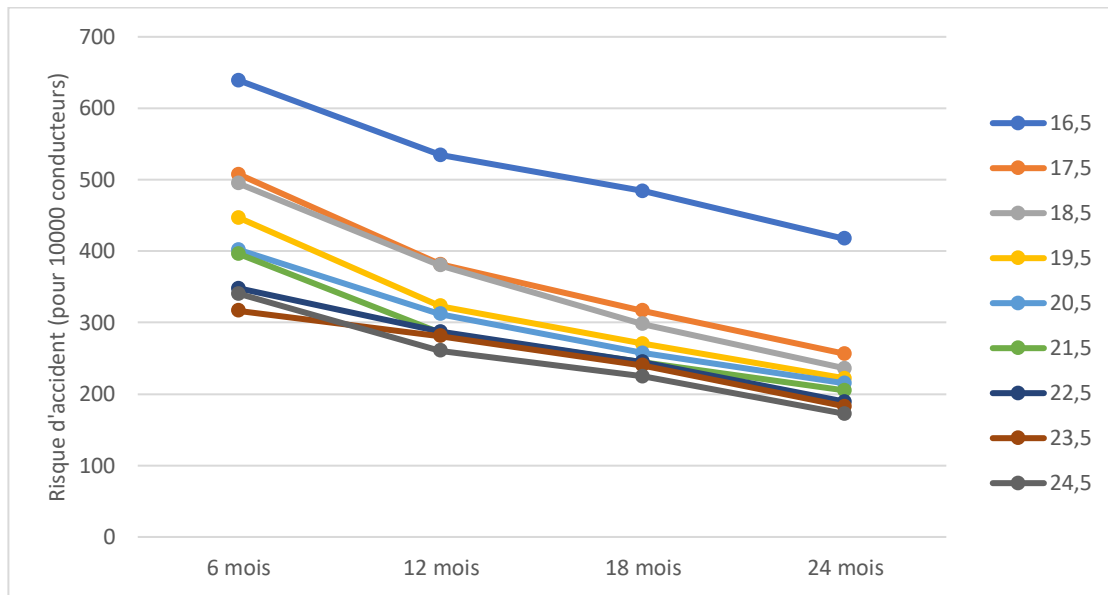
Le risque d’infraction est le pourcentage de conducteurs avec au moins une infraction dans la période de vingt-quatre mois avec un permis probatoire sauf pour les modalités

<sup>4</sup> Le risque d’infraction est le pourcentage de conducteurs avec au moins une infraction dans la période de vingt-quatre mois avec un permis probatoire sauf pour les modalités de la variable « période probatoire » où le risque est calculé dans la période considérée après l’obtention du permis probatoire.

de la variable « période probatoire » où le risque est calculé dans la période considérée après l'obtention du permis probatoire. Les jeunes hommes ont un risque majoré de perpétrer une infraction par rapport aux femmes. Ils ont 1,7 fois plus de chance de commettre au moins une infraction (RR=1,74) dans la période de conduite avec un permis probatoire. Cet écart entre hommes et femmes est plus important pour les infractions que pour les accidents. De même, les nouveaux conducteurs âgés de 16 à 17 ans présentent un risque d'infraction beaucoup plus élevé que les autres catégories d'âges. De plus, les conducteurs ayant échoué au moins une fois à un examen théorique ont 1,26 fois plus de risque de commettre au moins une infraction que ceux ayant réussi du premier coup.

## 3.2. La période probatoire face aux risques

### 3.2.1. Baisse continue à tous les âges du risque d'accident de la route pendant la période probatoire



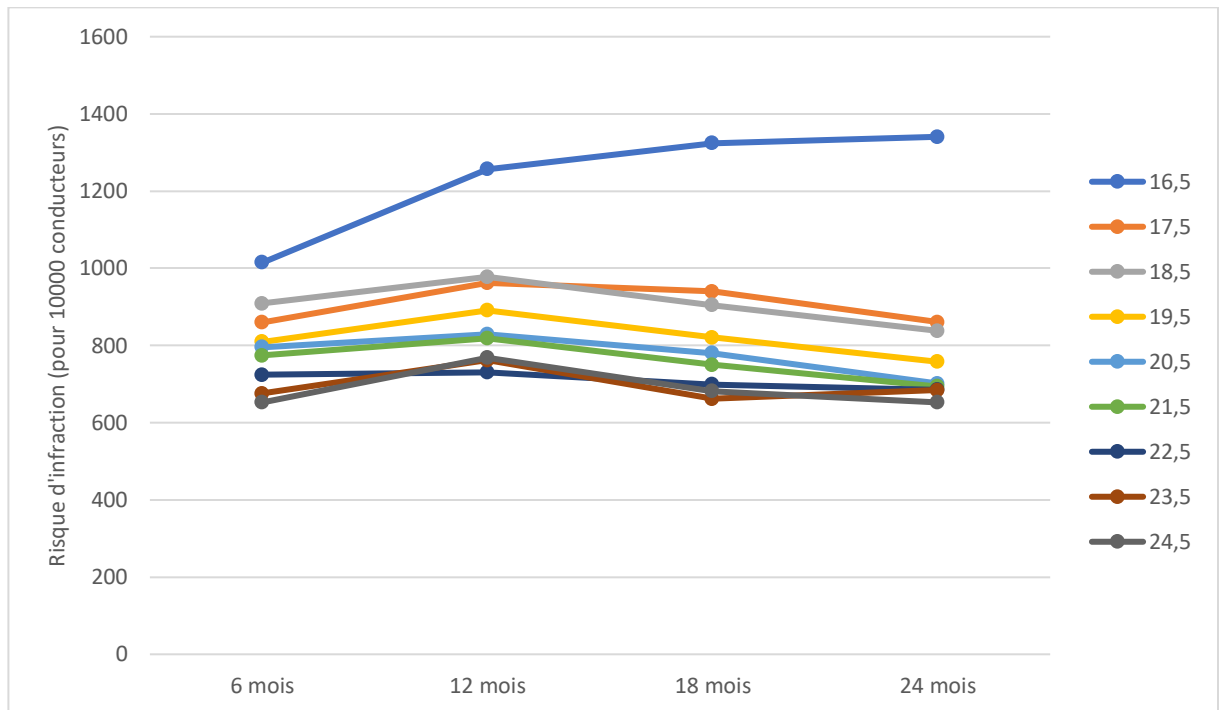
**Figure 3.1** : Risque d'accident chez les nouveaux conducteurs selon l'âge<sup>5</sup> pendant la période probatoire, Québec, 2005-2014

Au regard de la figure 3.1, nous observons que pour tous les groupes d'âge, le risque d'accident de la route diminue tout au long des deux ans après l'obtention du permis probatoire. Toutefois, il reste toujours beaucoup plus élevé pour le groupe d'âge des 16-17 ans que pour les autres groupes d'âge. Enfin, il semblerait également qu'à la fin de la période probatoire, tous les jeunes conducteurs novices aient presque le même risque en moyenne, à l'exception des plus jeunes qui ont environ deux fois et demie plus de chance d'avoir un accident de la route. Nous pouvons noter que l'écart s'est accentué

<sup>5</sup> Les catégories d'âge sont représentées de la manière suivante : 16,5 : [16-17[ ; 17,5 : [17-18[ ; 18,5 : [18-19[ ; 19,5 : [19-20[ ; 20,5 : [20-21[ ; 21,5 : [21-22[ ; 22,5 : [22-23[ ; 23,5 : [23-24[ ; 24,5 : [24-25[.

entre les jeunes de 16 ans et ceux de 23 ans entre les six premiers mois et les vingt-quatre mois après l'obtention du permis probatoire. En effet, dans les six premiers mois de la phase probatoire, les 16 ans ont environ deux fois plus de risque d'avoir un accident qu'un nouveau conducteur de 23 ans, ce qui monte à environ 2,5 fois plus à la fin de la phase probatoire.

### 3.2.2. Hausse du risque d'infraction chez les plus jeunes pendant la période probatoire



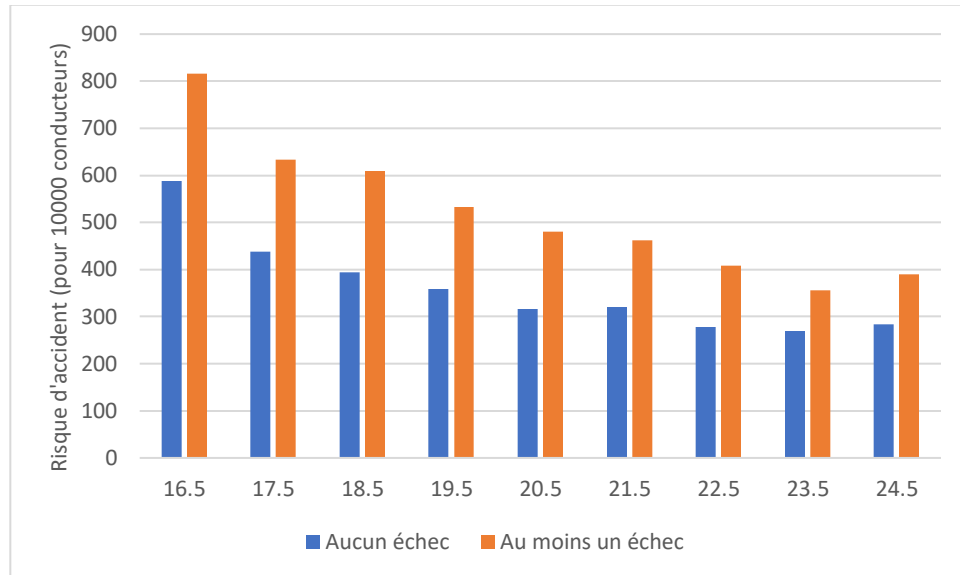
**Figure 3.2** : Risque d'infraction chez les nouveaux conducteurs selon l'âge<sup>6</sup> pendant la période probatoire, Québec, 2005-2014

Au vu de la figure 3.2, nous observons que le risque d'infraction varie peu pour tous les groupes d'âge pendant la période probatoire, à l'exception des plus jeunes dont le

<sup>6</sup> Les catégories d'âge sont représentées de la manière suivante : 16,5 : [16-17[ ; 17,5 : [17-18[ ; 18,5 : [18-19[ ; 19,5 : [19-20[ ; 20,5 : [20-21[ ; 21,5 : [21-22[ ; 22,5 : [22-23[ ; 23,5 : [23-24[ ; 24,5 : [24-25[.

risque augmente. En effet, on note clairement une hausse du risque d'infraction chez les plus jeunes pendant la période probatoire. Les conducteurs novices ayant eu leur permis probatoire à 16 ans semblent prendre davantage de risques au fur et à mesure de la période. Les jeunes conducteurs qui ont leur permis probatoire à l'âge de 16 ans n'auront que 18 ans à la fin de la période probatoire, ce qui reste un âge à risque. On peut aussi penser que le fait de commencer à conduire plus jeune, leur exposition à la conduite augmentera davantage avec le temps par rapport aux autres groupes, ce qui augmente le risque de commettre et d'être sanctionné pour une infraction. Dans les six derniers mois de permis probatoire, les plus jeunes ont environ 1,68 fois plus de risque de commettre une infraction que les autres groupes d'âge en moyenne. L'écart entre les jeunes conducteurs âgés de 16 ans et ceux de 24 ans s'amplifie entre les six premiers mois et les dix-huit mois suivants de la période probatoire. En effet, les 16 ans ont environ 50 % de chances supplémentaires d'avoir une infraction par rapport à un jeune de 24 ans dans les six premiers mois. Ce risque est doublé dans les six derniers mois de la phase probatoire.

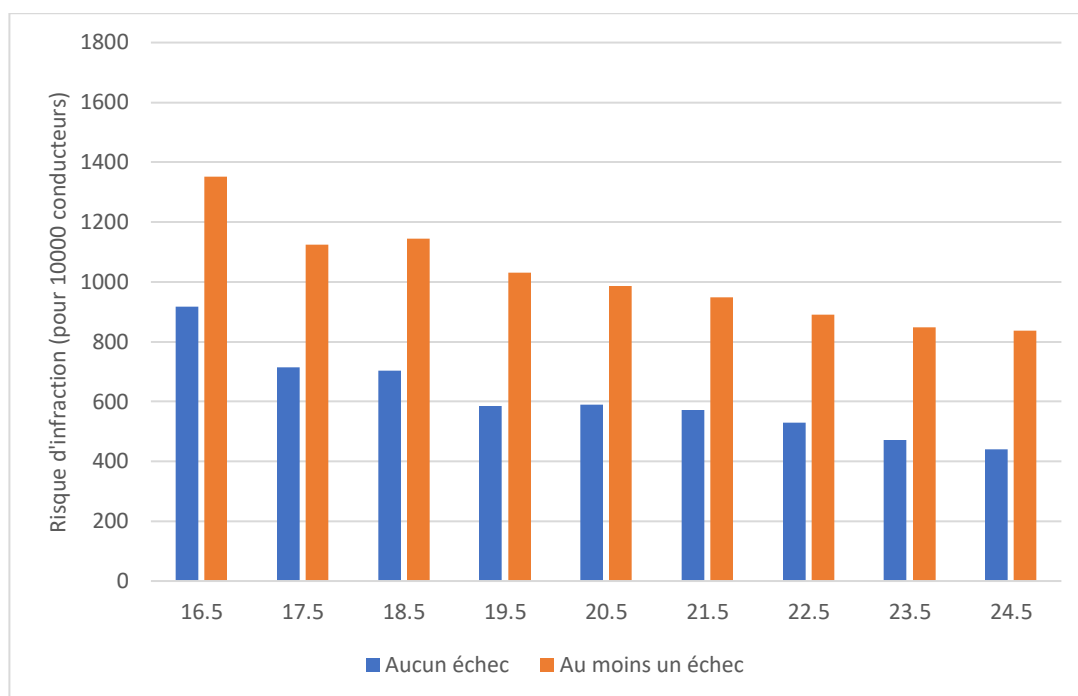
### 3.2.3. Un échec à l'examen théorique : un facteur de risque chez les nouveaux conducteurs pendant toute la période probatoire



**Figure 3.3 :** Risque d'accident selon l'âge dans les six premiers mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014

La figure 3.3 présente le risque d'accident pendant les six premiers mois de la période probatoire des conducteurs novices qui ont eu au moins un échec à l'examen théorique et qui ont réussi au premier essai. Il apparaît clairement que pour tous les groupes d'âge, le fait d'avoir échoué au moins une fois à l'examen théorique prévu dans le processus d'obtention du permis de conduire accroît le risque d'avoir un accident de la route pendant les six premiers mois après l'obtention du permis probatoire. On retrouve le même résultat pour l'ensemble de la période probatoire au cours de laquelle le fait d'avoir échoué au moins une fois à un examen théorique majore le risque d'avoir un accident de la route (voir figures A.2, A.4 et A.6 en annexes).

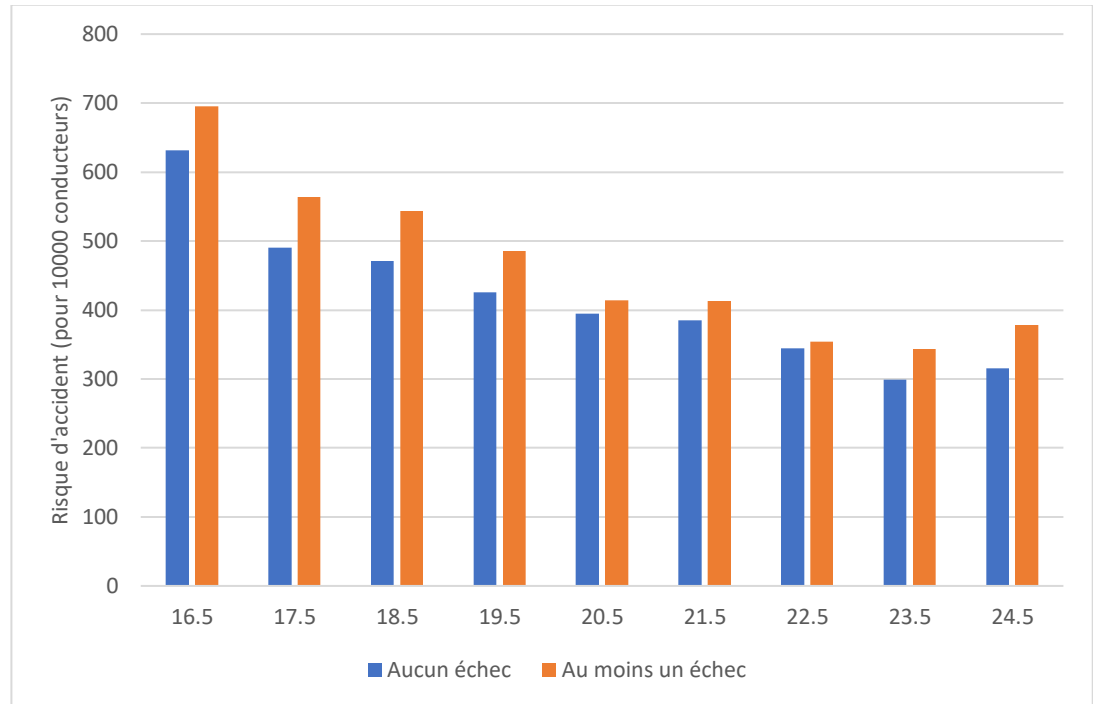
Les mêmes tendances se retrouvent lors de l'analyse du risque d'infraction pendant les six premiers mois de la période probatoire (voir figure 3.4). Les risques de commettre une infraction sont majorés pour les conducteurs novices qui ont échoué au moins une fois à l'examen théorique avant de réussir à obtenir leur permis probatoire. Ce résultat se retrouve pour tous les groupes d'âge tout au long des deux ans qui suivent l'obtention du permis probatoire (voir figures A.1, A.3 et A.5 en annexes).



**Figure 3.4 :** Risque d'infraction selon l'âge dans les six premiers mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014



### 3.2.4. Un échec à l'examen pratique du permis probatoire : pas d'impacts clairs sur les risques d'accident et d'infraction pendant la période probatoire

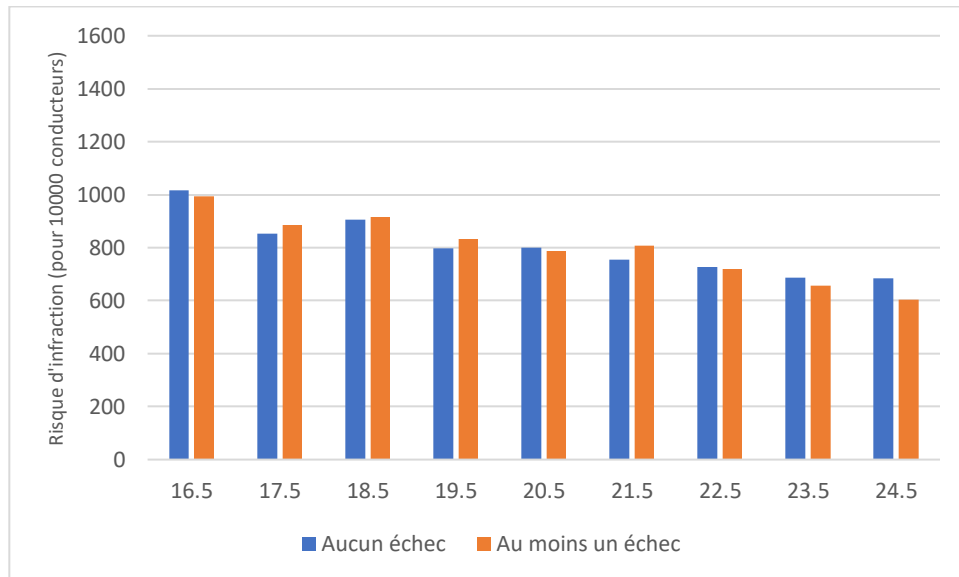


**Figure 3.5 :** Risque d'accident selon l'âge dans les six premiers mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014

La figure 3.5 présente le risque d'accident des conducteurs novices au cours des six premiers mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai ou non de l'examen pratique dans le processus de l'accès à la conduite. Contrairement aux examens théoriques, le fait d'avoir réussi du premier coup ou non l'examen pratique de conduite ne semble que peu jouer sur le risque d'accident pour l'ensemble des groupes d'âge et pour l'ensemble de la période probatoire (voir figures A.8, A.10 et A.12 en annexes). Seuls les groupes d'âges les plus jeunes ont un risque d'accident légèrement majoré s'ils ont échoué au moins une fois à l'examen pratique avant de le réussir.

De même, le risque de commettre au moins une infraction pour les conducteurs novices pendant les six premiers mois de la période probatoire ne semble pas être impacté par

leur réussite ou non du premier coup à l'examen pratique (voir figure 3.6). On retrouve la même absence d'effet pour l'ensemble des groupes d'âge et pour l'ensemble de la période probatoire (voir figures A.7, A.9 et A.11 en annexes).



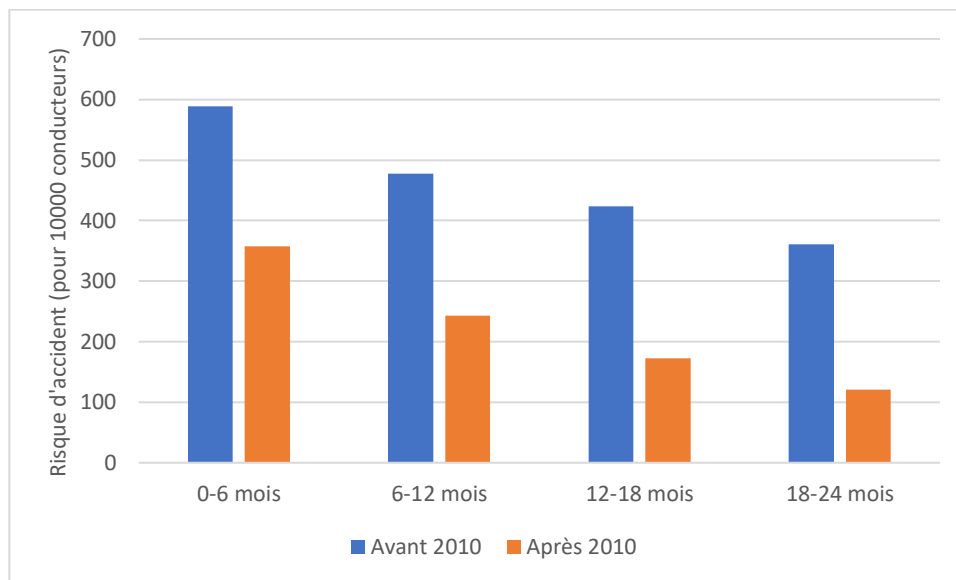
**Figure 3.6 :** Risque d'infraction selon l'âge dans les six premiers mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014

### 3.3. Impact de la réforme de 2010 concernant la formation des nouveaux conducteurs sur les risques d'accident et d'infraction

#### 3.3.1. Une baisse sensible du risque d'accident et d'infraction depuis la réforme

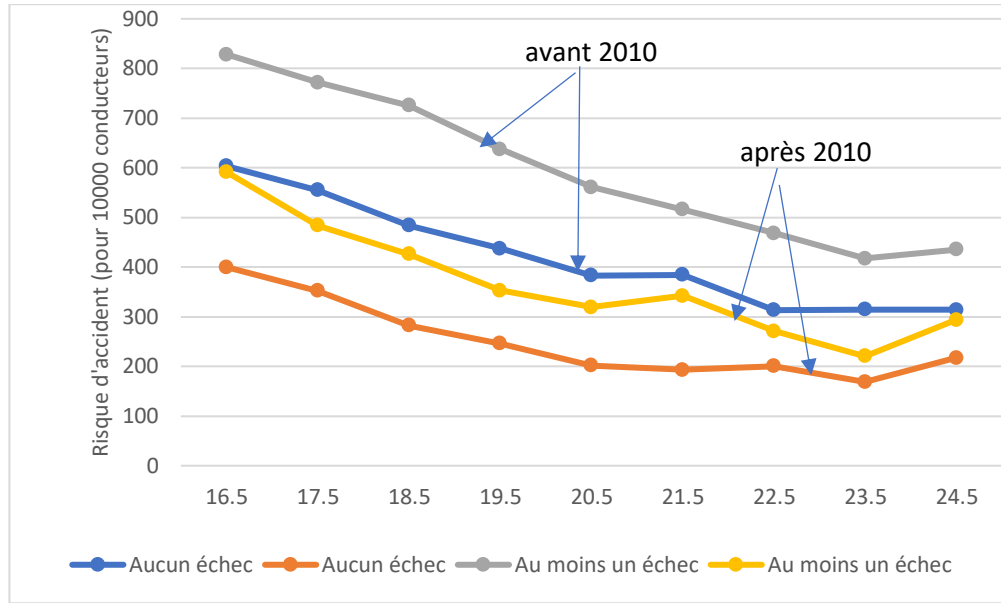
La réforme du Code de la sécurité routière de janvier 2010 a réinstauré les cours de conduite obligatoires au Québec et modifié les examens pour l'obtention du permis de conduire. La figure 3.7 présente le risque d'accident des conducteurs novices selon qu'ils ont obtenu leur permis avant ou après la réforme de 2010.

Il apparaît clairement dans la figure 3.7 que le risque d'accident décroît depuis la réforme votée en 2010 pour chaque période de six mois après l'obtention du permis probatoire. Il diminue tout au long de la période probatoire avec un risque de 120 pour dix mille conducteurs dans les 18-24 mois après l'obtention du permis probatoire. Ce même risque est en baisse de 66 % par rapport à son niveau avant la réforme.

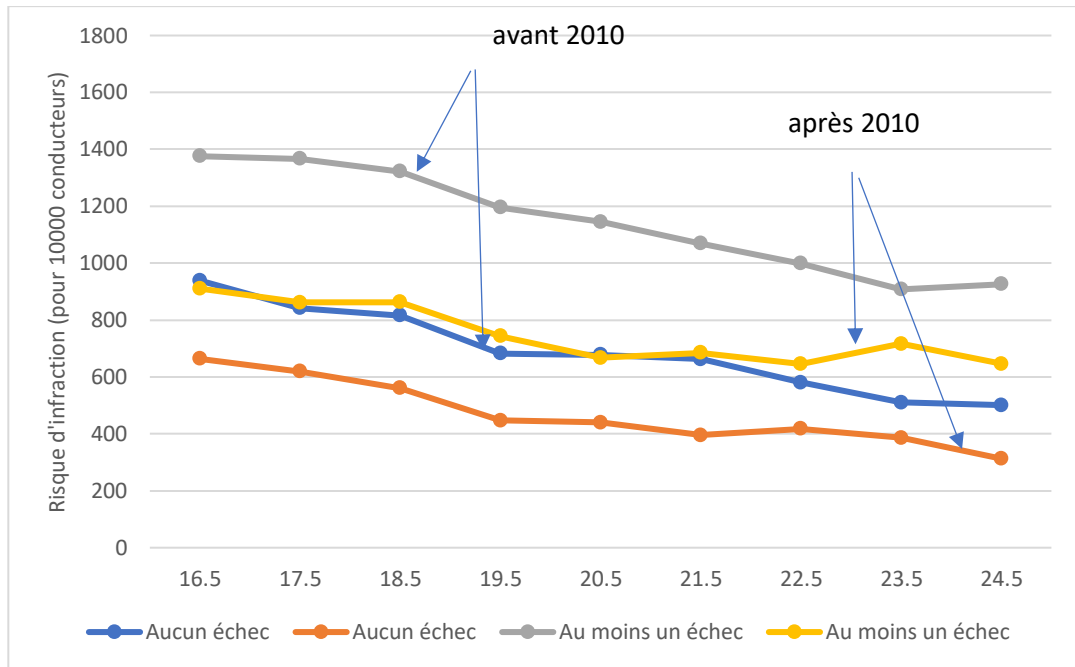


**Figure 3.7** : Risque d'accident pendant la période probatoire selon si le permis probatoire a été obtenu avant ou après 2010

### 3.3.2. L'impact de la réussite au premier essai à l'examen théorique : une comparaison avant et après la réforme de la sécurité routière de 2010



**Figure 3.8 :** Comparaison du risque d'accident pendant les six premiers mois de la période probatoire avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014



**Figure 3.9 :** Comparaison du risque d'infraction pendant les six premiers mois de la période probatoire avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014

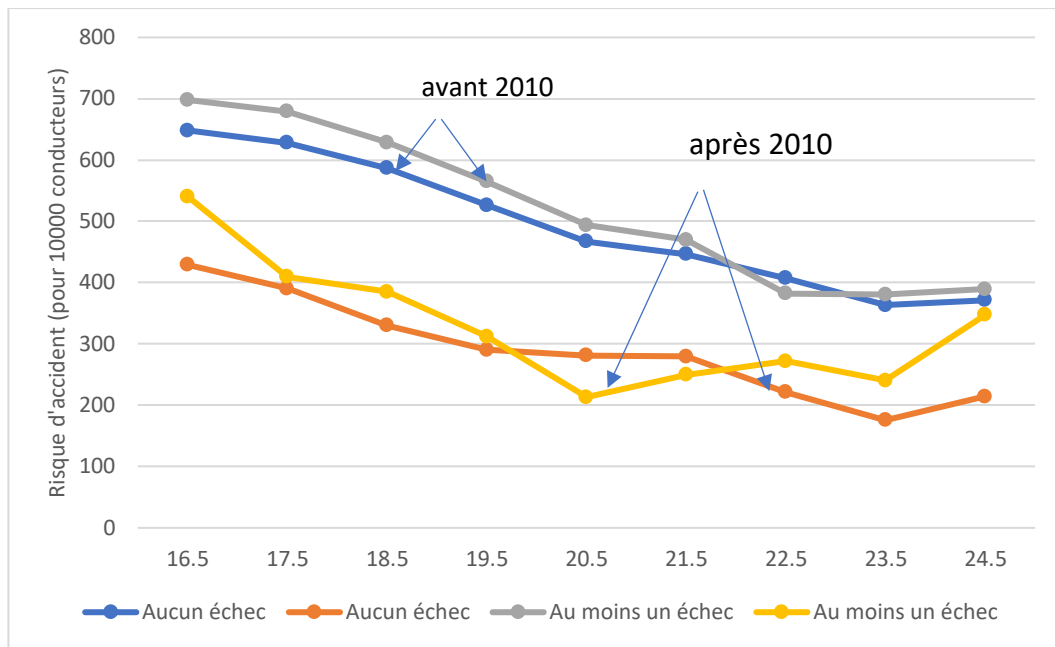
Les figures 3.8 et 3.9 présentent respectivement le risque d'accident et le risque d'infraction dans les six premiers mois après l'obtention de son permis probatoire, par âge selon si le conducteur a réussi du premier coup ou non les examens théoriques de la formation. On y distingue également les périodes avant ou après 2010.

À la lumière de ces deux graphiques, il apparaît, dans tous les cas de figure, que le conducteur ayant eu au moins un échec à un examen théorique présente plus de risques que celui qui n'en a pas eu. Les écarts pour une même période sont assez importants. De plus, on peut noter que le conducteur, quel que soit l'âge, qui a eu au moins un échec après 2010 a un risque d'accident moins élevé que s'il avait réussi du premier coup avant 2010 (courbe jaune par rapport à la courbe bleue dans la figure 3.8). Nous pouvons supposer que cela soit dû à une meilleure formation théorique de la conduite pour les nouveaux conducteurs après 2010.

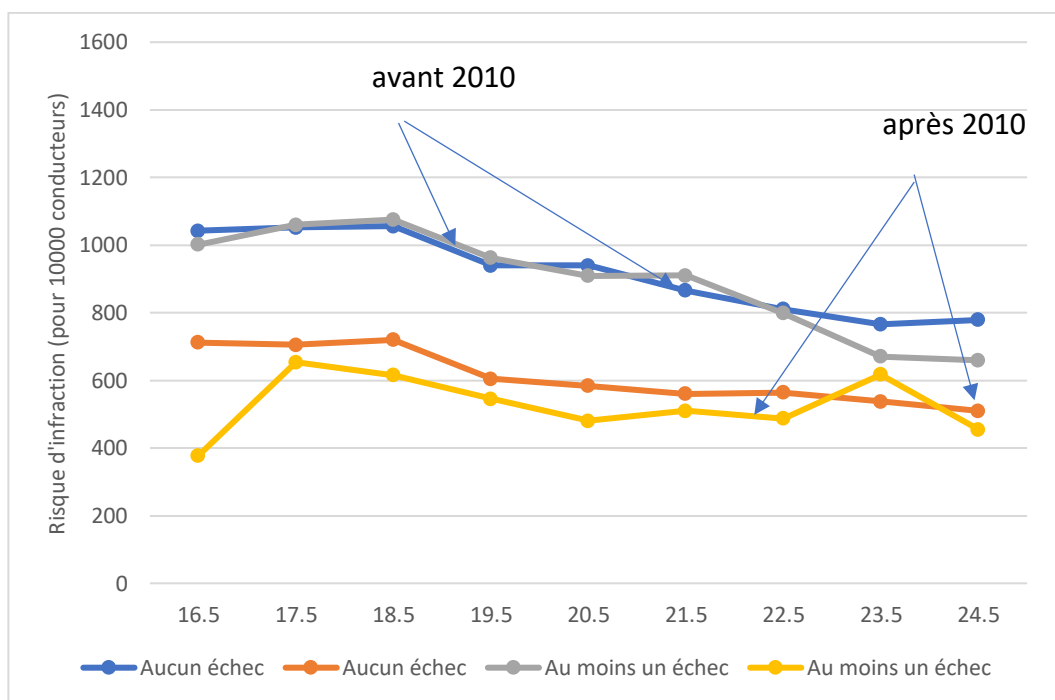
Les autres graphiques sur le risque d'accident et d'infraction selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique pour les trois autres périodes étudiées après l'obtention du permis probatoire sont présentés en annexes (voir figures A.13 à A.18).

### 3.3.3. L'impact de la réussite au premier essai à l'examen pratique : une comparaison avant et après la réforme de la sécurité routière de 2010

Les figures 3.10 et 3.11 sont construites de façon similaire aux figures 3.8 et 3.9 de la section précédente. Elles considèrent toutefois la réussite ou non au premier essai à l'examen pratique.



**Figure 3.10 :** Comparaison du risque d'accident pendant les six premiers mois de la période probatoire avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014



**Figure 3.11 :** Comparaison du risque d'infraction pendant les six premiers mois de la période probatoire avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014

Nous observons que contrairement aux deux précédents graphiques concernant les examens théoriques, il ne semble pas se dégager ici une tendance où au moins un échec à l'examen pratique augmenterait le risque d'accident ou d'infraction. Quel que soit l'âge, le fait d'avoir réussi du premier coup ou non l'examen pratique ne semble pas avoir un impact sur les risques d'accident et d'infraction. Par ailleurs, on note clairement que les niveaux de risque sont moins importants après 2010, pour les accidents comme pour les infractions.

Les autres graphiques sur le risque d'accident et d'infraction concernant l'examen pratique pour les trois autres périodes des six mois après l'obtention du permis probatoire sont présentés en annexes (figures A.19 à A.24).

En guise de conclusion, nous constatons qu'un échec à un examen théorique semblerait augmenter le risque d'accident et d'infraction alors qu'un échec à un examen pratique ne semblerait pas jouer. Ces différences empiriques seront testées par différents modèles statistiques dans le chapitre 5 « Analyse des principaux résultats ». Des modèles de régressions logistiques par période de six mois sur la phase probatoire chercheront à montrer, entre autres, s'il y a une différence significative pour le risque d'accident et d'infraction entre les conducteurs qui réussissent du premier coup l'examen théorique et ceux qui ont au moins un échec à cet examen. D'autre part, ces régressions logistiques examineront s'il existe une différence significative au regard de l'examen pratique.

# 4. Méthodologie

Dans ce chapitre, nous allons présenter les deux méthodes utilisées dans cette étude : la régression logistique et l'analyse de survie. Pour cela, nous allons nous appuyer principalement sur l'ouvrage de Hosmer et Lemeshow « Applied Logistic Regression » (2000) et celui d'Hosmer, May et Lemeshow « Applied Survival Analysis » (2008), ainsi que plusieurs articles scientifiques concernant ces méthodes.

## 4.1. La régression logistique

La régression logistique est une méthode d'analyse multivariée qui permet d'obtenir une quantification de l'association entre la variable dépendante et chacune des variables explicatives, tout en tenant compte de l'effet simultané de l'ensemble des autres variables explicatives intégrées dans le modèle (Aminot & Damon, 2002).

### 4.1.1. Intérêt de la régression logistique

Une régression logistique peut s'appliquer dans les cas où la variable dépendante  $Y$  est dichotomique, prenant soit la valeur 0 en cas de non-occurrence de l'événement, soit la valeur 1 en cas d'occurrence de l'événement. Dans notre étude, nous allons chercher à savoir dans quelle mesure les variables explicatives  $X$  sont susceptibles d'influencer  $Y$  où  $Y$  est la survenue ou non d'un accident ou d'une infraction d'un jeune nouveau conducteur pendant sa période probatoire.

La régression logistique est un modèle permettant de relier la variable à expliquer (dépendante)  $Y$  à des variables explicatives (ou indépendantes)  $X_i$ . Les variables explicatives  $X_i$  peuvent être qualitatives ou quantitatives. La régression logistique permet d'estimer un « odds ratio » ou rapport de cotes qui quantifie la force et le sens de



l'association entre la survenue d'un événement, représentée par une variable à expliquer dichotomique, et les facteurs susceptibles de l'influencer, représentés par des variables explicatives. Le rapport des cotes exprime le degré d'association entre deux variables. C'est toujours un nombre positif compris entre 0 et  $+\infty$ . Lorsque le rapport des cotes est égal à 1, les variables sont indépendantes. À contrario, plus le rapport des cotes est proche de 0 ou de  $+\infty$ , plus les variables sont associées entre elles (El Sanharawi & Naudet, 2013).

#### 4.1.2. Modèle de régression logistique

Le modèle de régression logistique est très proche de la régression linéaire. La régression linéaire permet de caractériser les liens entre une variable quantitative à expliquer (Y) et des variables explicatives selon un modèle défini comme suit :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \beta_3 * X_3 + \dots + \beta_p * X_p + \epsilon \text{ avec } E(\epsilon) = 0 \text{ et } V(\epsilon) = \sigma^2 \text{ (4.1).}$$

Ce modèle ne s'applique pas lorsque la variable à expliquer est binaire. Ainsi, une des différences entre la régression logistique et la régression linéaire concerne la nature des relations entre la variable à expliquer et les variables indépendantes. Il faut, dans le cas d'une variable binaire, avoir recours à un modèle de régression logistique qui ne modélise pas la variable à prédire Y, mais la probabilité que celle-ci se réalise.

Nous allons développer le modèle de régression logistique multiple, c'est-à-dire qui comporte plusieurs variables explicatives. Nous considérons donc un ensemble de p variables indépendantes que l'on notera par le vecteur  $x' = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ . Nous allons noter la probabilité conditionnelle de Y en fonction des variables explicatives :  $p = P(Y=1|x')$ . Le modèle de régression logistique permet une expression non linéaire, variant de façon monotone entre 0 et 1, de cette probabilité en fonction des variables explicatives. Par conséquent, on aurait pu écrire que la probabilité p soit égale à  $\beta_0 +$

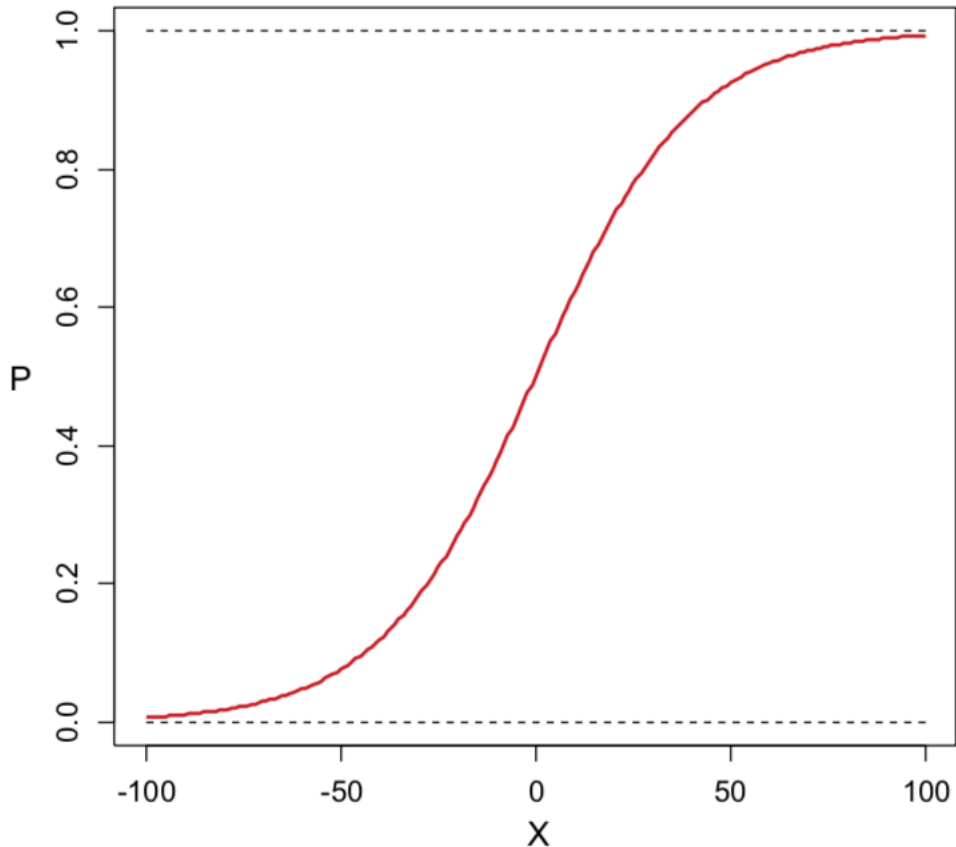
$\beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_p X_p$ . Néanmoins, la probabilité  $p$  ne peut uniquement prendre des valeurs comprises entre 0 et 1 tandis que  $\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_p X_p$  peut prendre des valeurs entre  $-\infty$  et  $+\infty$ . Pour corriger cela, il faut transformer la probabilité  $p$  pour qu'elle puisse prendre toutes les valeurs entre  $-\infty$  et  $+\infty$ . Pour cela, on utilise le logit de  $p$  tel que  $\text{logit}(p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$  où  $\ln$  est le logarithme népérien. Nous pouvons donc conclure que la régression logistique s'écrit de la façon suivante :

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_p X_p \Leftrightarrow p = \frac{1}{1 + e^{-\beta_0 - \beta_1 X_1 - \beta_2 X_2 - \beta_3 X_3 - \dots - \beta_p X_p}} \quad (4.2)$$

avec quelques manipulations du logarithme népérien.

La fonction logit, comme le modèle de régression linéaire, est linéaire dans ses paramètres, continue et peut prendre des valeurs entre  $-\infty$  et  $+\infty$  (Hosmer & Lemeshow, 2000).

La régression logistique se présente graphiquement par une courbe qui varie entre 0 et 1 comme illustrée à la figure 4.1.



**Figure 4.1** : Représentation de la régression logistique avec  $\beta_0=0,001$  et  $\beta_1=0,05$  (El Sanharawi & Naudet, 2013)

D'après la figure 4.1 nous pouvons observer que la probabilité  $P(Y=1)$  augmente avec  $X$  et est comprise entre 0 et 1. Mais dans d'autres cas, cette probabilité peut diminuer avec  $X$ . On peut appeler ce graphique « courbe en S ».

La quantité  $\frac{p}{1-p}$  s'appelle la cote et permet d'interpréter les modèles de régression logistique. Par exemple, si la cote est égale à 2, cela signifie que  $Y$  a une probabilité deux fois plus importante d'être égale à 1 qu'à 0. La cote est une fonction croissante de la probabilité  $p$ . Donc plus  $p$  augmente, plus la cote augmente (El Sanharawi & Naudet, 2013).

#### 4.1.3. Estimation des paramètres : méthode du maximum de vraisemblance

Les paramètres du modèle de régression logistique sont généralement estimés par la méthode du maximum de vraisemblance. Avec un échantillon donné et une forme de modèle spécifique, ici la régression logistique multiple, on peut calculer la probabilité d'avoir obtenu les observations de notre échantillon, qui sera appelée fonction de vraisemblance. La méthode du maximum de vraisemblance consiste à trouver les valeurs des paramètres qui maximisent cette fonction de vraisemblance. Les valeurs trouvées sont donc les estimateurs de vraisemblance ou estimateur « maximum likelihood » (ML) résultants de la maximisation de cette fonction de vraisemblance.

Dans le cas de la régression linéaire multiple, définie en 1), les estimateurs ML  $\hat{\beta}_0, \dots, \hat{\beta}_p$  sont obtenus par la méthode des moindres carrés en minimisant :

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_{i1} - \dots - \beta_p X_{ip})^2 \quad (4.3)$$

(Hosmer & Lemeshow, 2000).

Dans le cadre de la régression logistique, les estimations des paramètres  $\beta$  sont le résultat de la maximisation de la fonction du logarithme de la vraisemblance :

$$LL = \sum_{i=1}^n (Y_i (\beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_p X_{ip}) - \sum_{i=1}^n \ln (1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_p X_{ip}))) \quad (4.4).$$

Cependant, à l'inverse de la régression linéaire, il n'existe pas de fonction explicite pour les valeurs des paramètres qui maximisent cette fonction. On doit alors utiliser des méthodes numériques pour estimer ces paramètres, qui nous seront donnés dans les sorties de logiciels statistiques comme SAS. En effet, pour maximiser cette fonction, il y aura  $p+1$  équations de vraisemblance obtenues en différenciant la fonction du logarithmique de la vraisemblance par rapport aux  $p+1$  coefficients (Long et al., 2006).

#### 4.1.4. Modèles de régression logistique d'être impliqué dans un accident et de commettre une infraction

Dans le cadre de ce mémoire, nous souhaitons mesurer les facteurs susceptibles d'influencer la survenue d'au moins une infraction ou d'un accident chez un nouveau conducteur âgé entre 16 et 24 ans durant la période probatoire. Celle-ci a été découpée en quatre périodes de six mois. La première période des six premiers mois a aussi été fractionnée en six périodes d'un mois pour les analyses. Pour cela, nous allons donc procéder à plusieurs régressions logistiques afin d'analyser le risque d'accident. Une première régression a été réalisée sur l'ensemble des vingt-quatre mois de la période probatoire puis, quatre autres régressions logistiques ont été effectuées séparément sur chacune des quatre périodes de six mois de la phase probatoire : une dans les six premiers mois de la période probatoire d'un nouveau conducteur, puis entre six et douze mois, une autre entre douze et dix-huit mois, et une dernière entre dix-huit et vingt-quatre mois. Enfin, six régressions logistiques ont été faites sur chacun des six premiers mois de la phase probatoire. Les mêmes analyses seront utilisées pour le risque d'infraction pendant la période probatoire à l'exception des six dernières régressions logistiques qui ne seront pas réalisées pour les infractions.

Ainsi, comme nous l'avons expliqué dans le chapitre sur la présentation des données, la variable à expliquer est une variable dichotomique qui prend la valeur 1 s'il y a présence d'un accident et 0 en cas d'absence. Pour la première période de six mois pendant la période probatoire, nous pouvons écrire :

$$P(\text{Acc}_{0\_6}=1) = \beta_0 + \beta_1 * \text{phys\_sexe} + \beta_2 * \text{categorie\_pp} + \beta_3 * \text{echec\_t} + \beta_4 * \text{echec\_p} + \beta_5 * \text{legis\_2010} + \beta_6 * \text{inf\_acc} + \beta_7 * \text{acc\_app} + \beta_8 * \text{pct\_voiture\_prop} \quad (4.5).$$

Nous allons présenter dans les deux tableaux ci-dessous, c'est-à-dire dans les tableaux 4.1 et 4.2, les matrices de corrélation selon respectivement les coefficients de Pearson et Spearman.

**Tableau 4.1:** Matrice de corrélation des prédicteurs de l'équation 4.5 selon le coefficient de Pearson

<b>Matrice de corrélation des prédicteurs de l'équation 4.5 selon le coefficient de Pearson, n=559 772</b>								
	sexe	age_pp	echec_t	echec_p	Legis_2010	inf_acc	acc_app	pct_voit_prop
sexe	1,00000	-0,03981 <,0001	0,03808 <,0001	-0,02476 <,0001	0,00170 0,1621	0,04715 <,0001	0,01723 <,0001	0,01938 <,0001
age_pp	-0,03981 <,0001	1,00000	0,17971 <,0001	0,17486 <,0001	-0,00065 0,5902	0,03271 <,0001	0,02157 <,0001	0,07948 <,0001
echec_t	0,03808 <,0001	0,17971 <,0001	1,00000	0,10927 <,0001	-0,03454 <,0001	0,03443 <,0001	0,02132 <,0001	0,04482 <,0001
echec_p	-0,02476 <,0001	0,17486 <,0001	0,10927 <,0001	1,00000	-0,07967 <,0001	0,01704 <,0001	0,01756 <,0001	0,01592 <,0001
Legis_2010	0,00170 0,1621	-0,00065 0,5902	-0,03454 <,0001	-0,07967 <,0001	1,00000	-0,05017 <,0001	-0,04420 <,0001	0,15126 <,0001
inf_acc	0,04715 <,0001	0,03271 <,0001	0,03443 <,0001	0,01704 <,0001	-0,05017 <,0001	1,00000	0,05694 <,0001	-0,00138 0,2539
acc_app	0,01723 <,0001	0,02157 <,0001	0,02132 <,0001	0,01756 <,0001	-0,04420 <,0001	0,05694 <,0001	1,00000	0,00233 0,0544
pct_voit_prop	0,01938 <,0001	0,07948 <,0001	0,04482 <,0001	0,01592 <,0001	0,15126 <,0001	-0,00138 0,2539	0,00233 0,0544	1,00000

**Tableau 4.2 :** Matrice de corrélation des prédicteurs de l'équation 4.5 selon le coefficient de Spearman

<b>Matrice de corrélation des prédicteurs de l'équation 4.5 selon le coefficient de Spearman, n=559 772</b>								
	sexe	age_pp	echec_t	echec_p	Legis_2010	inf_acc	acc_app	pct_voit_prop
sexe	1,00000	-0,03210 <,0001	0,03808 <,0001	-0,02476 <,0001	0,00170 0,1621	0,04715 <,0001	0,01723 <,0001	0,02517 <,0001
age_pp	-0,03210 <,0001	1,00000	0,20889 <,0001	0,20053 <,0001	0,07284 <,0001	0,03284 <,0001	0,01913 <,0001	0,07837 <,0001
echec_t	0,03808 <,0001	0,20889 <,0001	1,00000	0,10927 <,0001	-0,03454 <,0001	0,03443 <,0001	0,02132 <,0001	0,05121 <,0001
echec_p	-0,02476 <,0001	0,20053 <,0001	0,10927 <,0001	1,00000	-0,07967 <,0001	0,01704 <,0001	0,01756 <,0001	0,01492 <,0001
Legis_2010	0,00170 0,1621	0,07284 <,0001	-0,03454 <,0001	-0,07967 <,0001	1,00000	-0,05017 <,0001	-0,04420 <,0001	0,15993 <,0001
inf_acc	0,04715 <,0001	0,03284 <,0001	0,03443 <,0001	0,01704 <,0001	-0,05017 <,0001	1,00000	0,05694 <,0001	0,00021 0,8632
acc_app	0,01723 <,0001	0,01913 <,0001	0,02132 <,0001	0,01756 <,0001	-0,04420 <,0001	0,05694 <,0001	1,00000	0,00243 0,0454
pct_voit_prop	0,02517 <,0001	0,07837 <,0001	0,05121 <,0001	0,01492 <,0001	0,15993 <,0001	0,00021 0,8632	0,00243 0,0454	1,00000

D'après les tableaux 4.1 et 4.2, nous pouvons constater que les corrélations entre les prédicteurs de nos modèles sont peu élevées car les corrélations entre les variables sont inférieures à 0,21 en valeur absolue, et plusieurs sont très proches de 0. Nous pouvons donc supposer qu'il n'y a pas de problème de multicolinéarité entre nos variables.

Rappelons que la variable « phys\_sexe » représente le sexe du conducteur, « categorie\_pp » la catégorie d'âge au moment de l'obtention du permis probatoire, « echec\_t » et « echec\_p » sont des variables binaires indiquant si le conducteur a

respectivement eu ou non au moins un échec à l'examen théorique et pratique respectivement. La variable « legis\_2010 » est une variable binaire qui vaut 0 si le conducteur a obtenu son permis probatoire avant 2010 et 1 sinon, « inf\_acc » et « acc\_app » sont deux variables binaires qui indiquent si le conducteur a respectivement eu ou non une infraction avant un accident pendant la période probatoire et un accident pendant la période apprentie. Enfin, « Pct\_voiture\_prop » est une variable catégorielle de quatre modalités déterminant le pourcentage de la période probatoire où le conducteur a été propriétaire d'une voiture. Cette variable mesure la propriété d'un véhicule pendant l'ensemble de la période probatoire, à savoir les vingt-quatre mois. De plus, pour chaque période de la phase probatoire étudiée, des variables dichotomiques ont été créées afin d'indiquer si le conducteur a été propriétaire ou non lors de chaque période. Ces variables sont égales à « 0 » si le conducteur n'a pas été propriétaire d'un véhicule pendant la période considérée et « 1 » sinon.

Nous réalisons ce modèle pour chacune des périodes de six mois de la période probatoire où « acc\_0\_6 » est remplacé par « acc\_6\_12 », « acc\_12\_18 », « acc\_18\_24 » selon la période considérée.

Cette démarche est également utilisée pour analyser les facteurs qui influencent la présence ou non d'au moins une infraction dans le dossier de conduite. La variable « acc\_0\_6 » est remplacée par « inf\_0\_6 », de même que « acc\_6\_12 », « acc\_12\_18 », « acc\_18\_24 » respectivement par « inf\_6\_12 », « inf\_12\_18 », « inf\_18\_24 ». Les variables explicatives sont les mêmes que pour la régression logistique du risque d'accident à la différence où la variable « inf\_acc » a été supprimée et que « acc\_app » a été remplacée par « inf\_app » qui désigne si le conducteur a eu au moins une infraction pendant sa période apprentie ou non.

Les six premiers mois de la période probatoire étant la période la plus à risque, nous avons également réalisé six régressions logistiques sur chaque mois de cette période dans le but de voir parmi ces six premiers mois lesquelles étaient les plus à risque en ce qui concerne les accidents. Les variables dépendantes sont notées « acc\_0\_1 », « acc\_1\_2 », « acc\_2\_3 », « acc\_3\_4 », « acc\_4\_5 » et « acc\_5\_6 » dans ce cas-ci.

Le modèle de régression logistique va permettre d'identifier les variables indépendantes qui expliquent le risque des nouveaux jeunes conducteurs d'être impliqué dans au moins un accident ou le risque d'être arrêté pour avoir commis au moins une infraction en prenant en compte le rôle propre de chacune. Le modèle sera décliné pour chacune des variables dépendantes selon la période d'analyse.

#### 4.1.5. Test et interprétation des coefficients

##### *Test des coefficients*

Nous disposons de plusieurs variables explicatives pour lesquelles on teste la significativité statistique des coefficients. Pour cela, nous utilisons le test de Wald. L'estimateur du maximum de vraisemblance  $\hat{\beta}$  du paramètre  $\beta$ , sous l'hypothèse  $H_0$

$$\beta_k=0 \text{ avec } k=0, 1, \dots, p \text{ (4.6)}$$

est distribué approximativement selon une loi normale. Dans ce cas, en testant l'hypothèse nulle, nous nous assurons que la variable explicative associée à l'estimateur  $\hat{\beta}_i$  a bien un impact sur la variable dépendante en rejetant l'hypothèse nulle au niveau nominal de 5 % par exemple. Ainsi, on utilise la statistique de Wald qui s'écrit :

$$W = \frac{\hat{\beta}}{SE(\hat{\beta})} \text{ (4.7).}$$

En pratique, le carré de l'estimateur est comparé à un seuil de la loi du khi-deux. Les résultats avec les statistiques de Wald nous sont donnés avec le logiciel SAS. Nous obtenons donc la valeur-p associée à la statistique de Wald et déterminons ainsi la significativité de l'estimateur  $\hat{\beta}$  au niveau de 5 %. En effet, si la valeur-p est inférieure à



0,05, nous rejetons l'hypothèse nulle et nous en déduisons que le coefficient est significatif (Hosmer & Lemeshow, 2000).

Nous pouvons également utiliser le test du rapport de vraisemblance, qui est généralement plus puissant que le test de Wald. En effet, ce test sera meilleur pour détecter que  $H_0$  n'est pas vraie lorsque c'est effectivement le cas. On souhaite tester les mêmes hypothèses que sous le test de Wald, c'est-à-dire  $H_0$  :

$$H_0 : \beta_k = 0 \text{ contre } H_1 : \beta_k \neq 0, \text{ avec } k=0, 1, \dots, p \text{ (4.8).}$$

Soit  $M_R$  le modèle réduit sous l'hypothèse  $H_0$ . Il contient tous les paramètres sauf ceux que l'on veut tester. Soit  $M_C$  le modèle complet sous l'hypothèse  $H_1$ . Il contient tous les paramètres. Soit la fonction de vraisemblance :

$$LL = \sum_{i=1}^n (Y_i (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{i1} + \dots + \hat{\beta}_p X_{ip}) - \sum_{i=1}^n \ln (1 + \exp(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{i1} + \dots + \hat{\beta}_p X_{ip}))) \text{ (4.9).}$$

Nous calculons la fonction de vraisemblance sous le modèle réduit et sous le modèle complet. La statistique de test se calcule donc ainsi :

$$D = -2 \ln \left( \frac{LL(MR)}{LL(MC)} \right) \text{ (4.10).}$$

La statistique de test suit approximativement la loi khi-deux avec un nombre de degrés de liberté égal au nombre de paramètres testés (le nombre de paramètres dans  $H_0$ ). Nous pouvons donc calculer la valeur-p en utilisant la distribution du khi-deux.

Toutefois, pour de très gros échantillons, les deux tests ont des comportements similaires.

### *Interprétation des coefficients*

Notre modèle intègre des variables explicatives dont certaines variables catégorielles, comme l'âge recodé en trois catégories : [16-19[ (« 16-18 » ans) ; [19-21[ (« 19-20 » ans) ; [21,25[ (« 21-24 » ans). L'interprétation des coefficients se fait par le rapport des cotes qui a été défini dans les paragraphes 4.1.1 et 4.1.2 de ce chapitre. Pour une variable catégorielle, il faut transformer chaque catégorie en variable binaire, appelée une indicatrice. Par exemple, pour la catégorie des « 16-18 » ans, on crée une indicatrice qui est égale à 1 si le conducteur a entre 16 et 19 ans exclus et qui prend la valeur 0 sinon. Les principaux logiciels comme SAS créent automatiquement des indicatrices pour les variables déclarées comme catégorielles. Il faut également indiquer pour une variable catégorielle la modalité de référence, modalité à partir de laquelle les interprétations seront faites. La modalité de référence de l'âge pour toutes les interprétations dans ce mémoire est la modalité « 21-24 » ans. Nous avons choisi cette modalité, car d'après nos résultats, ce sont les « 21-24 » qui ont le risque le plus faible d'accident parmi toutes nos catégories. En prenant, par exemple, le modèle sur le risque d'accident entre 0 et 6 mois après l'obtention du permis probatoire, nous pouvons dire que lorsque toutes les autres variables demeurent fixes, les nouveaux conducteurs âgés de 16 à 19 ans exclus au moment de l'obtention du permis probatoire voient leur cote multipliée par l'exponentielle du coefficient « 16-18 » par rapport aux nouveaux conducteurs âgés de 21 à 24 ans. Ce résultat peut être significatif selon si le coefficient associé est significativement différent de 0 ou non. Les modalités de variables catégorielles s'interprètent de la même façon.

#### 4.1.6. Modèle logit multinomial

Le modèle logit multinomial est une extension du modèle de régression logistique. En effet, à la différence du modèle de régression logistique où la variable dépendante Y est une variable dichotomique qui ne peut prendre que deux valeurs, dans le modèle logit

multinomial,  $Y$  peut prendre plusieurs valeurs. Dans notre cas, notre variable dépendante prend quatre valeurs. À l'image de la régression logistique, le modèle logit multinomial fixe une catégorie de référence et modélise le logit de chacune des autres catégories par rapport à la catégorie de référence. Dans notre modèle, la variable dépendante a les quatre valeurs suivantes : 0 correspond à des nouveaux conducteurs qui n'ont pas eu d'accident, ni d'infraction pendant la phase probatoire, la valeur 1 correspond à des conducteurs qui ont eu au moins une infraction et pas d'accident pendant les vingt-quatre mois suivant l'obtention du permis probatoire, la valeur 2 équivaut à des conducteurs qui ont eu au moins un accident sans infraction pendant cette période, et enfin la valeur 3 correspond à des conducteurs qui ont eu au moins un accident et au moins une infraction pendant leur phase probatoire.

Ainsi, nous pouvons écrire le modèle comme suit en utilisant la catégorie 0 comme référence avec une seule variable explicative pour une simplification de l'écriture :

$$\ln \left( \frac{P_1}{P_0} \right) = \beta_{01} + \beta_{11} X \quad (4.11)$$

$$\ln \left( \frac{P_2}{P_0} \right) = \beta_{02} + \beta_{12} X \quad (4.12)$$

$$\ln \left( \frac{P_3}{P_0} \right) = \beta_{03} + \beta_{13} X \quad (4.13)$$

$$\text{où } p_i = P(Y=i|X), i=0, 1, 2, 3. \quad (4.14)$$

Ce modèle peut être exprimé en termes de probabilités conditionnelles tout comme la régression logistique :

$$p_0 = P(Y=0 | X) = \frac{1}{1 + \exp(\beta_{01} + \beta_{11}X) + \exp(\beta_{02} + \beta_{12}X) + \exp(\beta_{03} + \beta_{13}X)} \quad (4.15)$$

$$p_1 = P(Y=1 | X) = \frac{\exp(\beta_{01} + \beta_{11}X)}{1 + \exp(\beta_{01} + \beta_{11}X) + \exp(\beta_{02} + \beta_{12}X) + \exp(\beta_{03} + \beta_{13}X)} \quad (4.16)$$

$$p_2 = P(Y=2 | X) = \frac{\exp(\beta_{02} + \beta_{12}X)}{1 + \exp(\beta_{01} + \beta_{11}X) + \exp(\beta_{02} + \beta_{12}X) + \exp(\beta_{03} + \beta_{13}X)} \quad (4.17)$$

$$p_3 = P(Y=3 | X) = \frac{\exp(\beta_{03} + \beta_{13}X)}{1 + \exp(\beta_{01} + \beta_{11}X) + \exp(\beta_{02} + \beta_{12}X) + \exp(\beta_{03} + \beta_{13}X)} \quad (4.18)$$

$$\text{avec } P(Y=0 | X) + P(Y=1 | X) + P(Y=2 | X) + P(Y=3 | X) = 1. \quad (4.19).$$

Le modèle logit multinomial est une combinaison de plusieurs logit dans un seul modèle et l'interprétation se fait comme en régression logistique pour chaque équation. Pour l'interprétation de nos résultats, lorsque la variable expliquée  $X$  augmente de 1, la cote  $\frac{P(Y=i|X)}{P(Y=0|X)}$  ( $i = 1,2,3$ ) est multipliée par l'exponentielle de l'estimation de  $X$  (Bouyer, 2012).

## 4.2. Analyse de survie

Après le recours à la régression logistique, nous voulons modéliser le temps qui s'écoule entre l'obtention du permis probatoire jusqu'à la survenue du premier accident dans une période de deux ans.

### 4.2.1. Intérêt de l'analyse de survie

Nous allons étudier le délai de survenue d'un accident en fonction de différentes variables explicatives. L'analyse de survie est nommée ainsi, car historiquement, l'objet d'étude était le temps écoulé avant que ne survienne un décès. Dans notre cas, chaque conducteur est observé jusqu'à ce qu'un de ces deux événements se produise : soit un accident survient avant la fin de la période probatoire, ou la période probatoire se termine sans le moindre accident. La survenue d'un accident n'a pas été observée chez tous les conducteurs à la fin de la période probatoire. Le temps de survie est dit censuré, quand la période d'observation a été interrompue avant que l'événement ne survienne. Nous disposons donc d'une variable « temps », nommée  $T$ , pour chaque conducteur, qui est soit censurée, soit non censurée. Si le conducteur a eu un accident avant la fin de la période probatoire, la valeur de «  $T$  » est non censurée. D'une part, si un accident n'est pas survenu à la fin de la période probatoire, alors la valeur de «  $T$  » est censurée. D'autre part, si le conducteur a obtenu son permis moins de deux ans avant la fin de la période d'observation, à savoir le 31 décembre 2014, et qu'il n'a pas eu d'accident, le temps «  $T$  » sera égal à la période de temps observée et l'observation sera censurée.

Le temps de survie a des valeurs uniquement positives. Par conséquent, la variable  $Y$  présente généralement une forte asymétrie de sa distribution s'écartant de la loi normale, ce qui fait que l'hypothèse de normalité n'est souvent pas raisonnable. Nous allons dans un premier temps comparer les graphiques des fonctions de survie selon différentes catégories d'âge par la méthode Kaplan-Meier, puis nous analyserons dans un modèle de survie le temps pour la survenue du premier accident pendant la période probatoire. L'analyse de survie permet de modéliser les effets de nos variables

explicatives sur le temps de survie, mais aussi de tenir compte des données censurées dans la modélisation du temps de survie. Dans la suite de ce chapitre, nous allons développer la méthode d'analyse de survie choisie, c'est-à-dire le modèle de Cox ou également nommé modèle à risques proportionnels. Il s'agit d'une approche semi-paramétrique (Hosmer et al., 2008).

#### 4.2.2. Fonction de survie et fonction de risque

Un des éléments essentiels de l'analyse de survie est la fonction de survie ou courbe de survie. La fonction de distribution cumulative ou fonction de répartition est la probabilité qu'un sujet sélectionné au hasard a un temps de survie inférieur ou égal à  $t$ . Celle-ci se note :

$$F(t)=P(T\leq t), t\geq 0. (4.20)$$

Pour des données continues, la durée de vie  $T$ , c'est-à-dire la durée observée d'un individu dans un état initial, est une variable aléatoire définie sur  $[0 ; +\infty]$  de fonction de répartition  $F$ . La fonction de survie est la probabilité que le temps de survie soit supérieur à  $t$ . Cette fonction est définie par :

$$S(t)=P(T>t) =1-F(t), t\geq 0. (4.21)$$

C'est donc une fonction continue monotone non croissante telle que :

$$S(0)=1 \text{ et } \lim_{t \rightarrow \infty} S(t) = 0. (4.22)$$

Nous définissons également la fonction de hasard comme étant :

$$h(t) = P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t). \quad (4.23)$$

Il s'agit donc de la probabilité de survenue de l'événement durant l'intervalle de temps  $[t, t + \Delta t[$ , étant donné qu'il n'était pas survenu avant  $t$ . C'est une probabilité conditionnelle.

Nous allons définir la fonction de risque tel que :

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t}. \quad (4.24)$$

Cette fonction est liée à la fonction de survie et à la fonction de densité. Lorsque le temps est mesuré de manière continue, nous pouvons démontrer à l'aide du théorème des probabilités conditionnelles que la fonction de risque s'écrit :

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} \quad (4.25)$$

où  $f$  est la fonction de densité de  $T$ .

Dans le cas général, la fonction de risque est positive, mais peut prendre des valeurs supérieures à 1. C'est pourquoi cette fonction est perçue plus comme un risque qu'une probabilité. Cette fonction mesure le risque instantané que l'événement survienne au temps  $t$ , pour un sujet indemne juste avant  $t$ .

Nous définissons le risque cumulé  $H(t)$  selon :

$$H(t) = \int_0^t h(s) ds \quad (4.26)$$

avec l'égalité suivante entre fonction de risque cumulé et fonction de survie :

$$H(t) = -\log[S(t)] \quad (4.27)$$

$$\text{d'où } h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} = -\frac{d \log S(t)}{dt} \rightarrow S(t) = \exp\left[-\int_0^t h(s) ds\right] = \exp[-H(t)] \quad (4.28)$$

Ces fonctions sont donc toutes liées entre elles : la fonction de risque et la fonction de survie (Hosmer et al., 2008).

#### 4.2.3. L'approche non paramétrique

##### *Estimateur de Kaplan-Meier*

L'estimateur de la fonction de survie le plus utilisé lorsqu'aucune hypothèse n'est faite sur la distribution des temps de survie est l'estimateur de Kaplan-Meier. Il est également connu sous le nom de l'estimateur produit-limite. Cette méthode permet d'estimer la fonction de survie pour un échantillon contenant des données censurées. On dit qu'il s'agit d'une méthode non paramétrique dans le sens où elle ne suppose aucun modèle particulier. La fonction de survie est définie comme suit :

$$S(t) = P(T > t) = 1 - F(t), \quad t \geq 0. \quad (4.29)$$

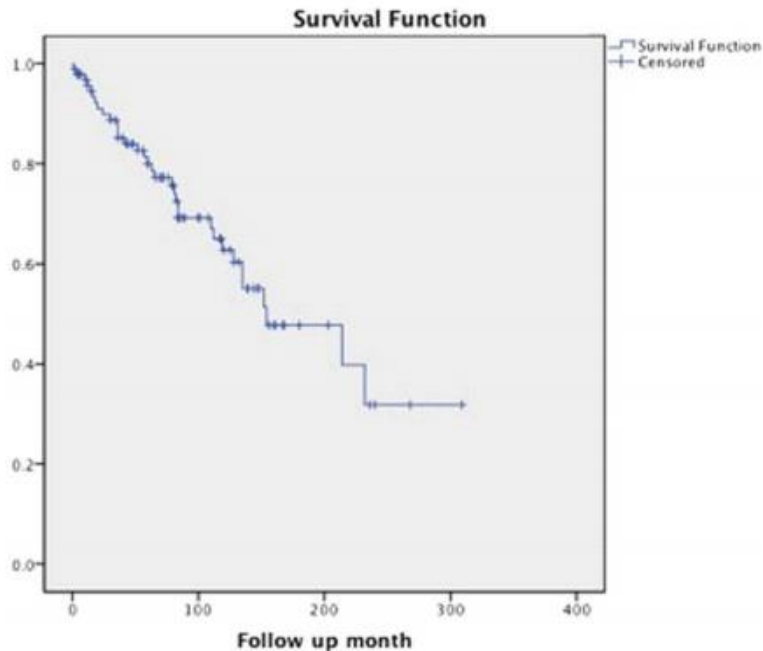
C'est donc la probabilité qu'un membre de la population donnée ait une durée de vie supérieure à  $t$ . Pour un échantillon de taille  $N$  dans cette population, les durées observées jusqu'à chaque décès des membres de l'échantillon  $N$  sont :  $t_1 \leq t_2 \leq t_3 \leq \dots \leq t_N$ . Soit  $n_i$  le nombre d'individus à risque au temps  $t_{(i)}$ . Ce sont les individus qui n'ont pas encore expérimenté l'événement, et qui ne sont pas encore censurés, avant le temps  $t_{(i)}$ . Soit  $d_i$  le nombre de décès au temps  $t_i$ . L'estimateur de Kaplan-Meier est donc :



$$\hat{S}(t) = \prod_{i|t_i \leq t} \left(1 - \frac{d_i}{n_i}\right). \quad (4.30)$$

Par convention, si  $t < t_{(1)}$ , on définit  $\hat{S}(t) = 1$ .

Nous prenons en considération deux hypothèses lors de l'emploi de l'estimateur Kaplan-Meier : l'hypothèse de censure non informative d'une part, et l'homogénéité de la population étudiée d'autre part. L'hypothèse de censure non informative correspond à l'hypothèse d'indépendance entre le processus déterminant le temps de survenue de l'événement  $t_i$  et celui déterminant le temps de censure  $c_i$ . Lorsque l'hypothèse n'est pas vérifiée, l'estimateur de Kaplan-Meier est biaisé. L'hypothèse d'homogénéité de la population étudiée admet que le temps de survenue de l'événement étudié est, pour tous les individus, tiré dans une même distribution. En effet, chaque individu possède donc la même fonction de survie  $S(t)$ .



**Figure 4.2** : Représentation de la courbe de survie, Rimmer et al., 2014

La figure 4.2 est une représentation empirique de la courbe de survie. La courbe de survie est la représentation graphique de la fonction de survie, c'est-à-dire de la probabilité de survie en fonction du temps. Dans notre étude, il y aurait au début de la courbe, tous les conducteurs qui seraient représentés. La courbe est en escalier avec une marche correspondant à chaque événement (survenue d'une infraction ou d'un accident). La hauteur de la marche est proportionnelle au nombre d'événements sur l'intervalle. Les perdus de vue sont représentés par des barres verticales (Laporte, 2007).  $\hat{S}(t)$  est une fonction en escalier dont la valeur change uniquement aux temps correspondant à des événements observés (Alberti et al., 2005).

#### *Comparaison de différentes courbes de survie*

Dans le cadre de notre étude, nous souhaitons comparer les courbes de survie pour les différentes catégories d'âge. En effet, dans un premier temps, nous allons comparer les courbes de survie selon les trois catégories d'âge de nos modèles à savoir « 16-18 » ans,

« 19-20 » ans et « 21-24 » ans. Puis, nous voulons spécifier les différences entre les âges à l'intérieur de la catégorie « 16-18 » ans en comparant les courbes de survie des 16, 17 et 18 ans. En supposant que nous sommes en présence de courbes de survie de deux groupes que nous souhaitons comparer, nous testons les hypothèses suivantes :

$$H_0 : S_1(t) = S_2(t) \text{ pour tout } t > 0 \text{ (4.31a)}$$

$$H_1 : S_1(t) \neq S_2(t) \text{ pour au moins une valeur de } t. \text{ (4.31b)}$$

La fonction de survie  $S_1$  pouvant représenter le temps de survie des 16 ans avant la survenue d'un accident et la fonction de survie  $S_2$  pouvant représenter celle des 17 ans.

Pour comparer deux courbes de survie, il y a différentes possibilités. Nous utilisons deux tests pour ces comparaisons : le log-rank test et le test de Wilcoxon généralisé. Le test de Wilcoxon accorde cependant plus de poids au temps près du début de la distribution que plus loin dans la distribution. Il est souvent plus puissant lorsque la différence entre les deux fonctions de survie intervient tôt dans la distribution. En revanche, le test log-rank test suppose que le ratio des fonctions de risque des deux groupes est constant sur toute la période d'analyse (Allison, 2010).

#### 4.2.4. L'approche semi-paramétrique

##### *Le modèle de Cox*

Le modèle de Cox est le plus couramment utilisé pour l'ajustement des modèles de survie. Il est qualifié de semi-paramétrique, car il allie une estimation non-paramétrique

avec une technique de maximisation de vraisemblance. Le modèle de Cox est qualifié de modèle à risque proportionnel. Ce terme signifie que le ratio de risque dépend seulement de la différence entre deux valeurs d'une variable explicative et non pas du temps lui-même. En effet, le rapport de risque est constant par rapport au temps  $t$ . Cela implique que l'effet d'une variable est stable dans le temps. Le modèle de Cox se définit ainsi :

$$h(t, x_1, \dots, x_n) = h_0(t) \exp\left(\sum_{i=1}^n \beta_i x_i\right). \quad (4.31c)$$

La fonction  $h(t, x_1, \dots, x_n)$  correspond au risque instantané de décès à l'instant  $t$  sachant qu'il est vivant juste avant  $t$  et  $h_0(t)$  correspond au risque instantané de décès lorsque toutes les variables explicatives sont nulles. C'est le risque de base. De plus,  $\exp\left(\sum_{i=1}^n \beta_i x_i\right)$  vient modéliser l'effet d'un changement des valeurs explicatives sur la fonction de risque de base (Schoenfeld, 1982).

Une des hypothèses fortes du modèle de Cox est l'hypothèse des risques proportionnels. Pour chaque variable explicative, nous devons vérifier si son effet est indépendant du temps, c'est-à-dire qu'il doit être constant.

### *Interprétation des paramètres*

Dans le modèle de Cox, on ne cherche pas à estimer  $h_0(t)$ , qui est la même fonction pour tous les individus à un instant donné. Pour l'interprétation des paramètres, c'est le ratio de risque qui est utilisé, c'est-à-dire le rapport des fonctions de risque pour deux ensembles de valeurs des variables explicatives. Supposons qu'il n'y a simplement qu'une variable explicative  $X$ . Le modèle de Cox se définit ainsi :

$$h(t|X=x) = h_0(t) \exp(\beta x). \quad (4.32)$$

Le ratio de risque (RR) lorsque  $X=x_1$  par rapport à  $X=x_0$  s'écrit :

$$RR(t, x_1, x_0) = \frac{h(t|x_1)}{h(t|x_0)} = \exp(\beta(x_1 - x_0)). \quad (4.33)$$

D'après ce ratio, on peut en conclure que lorsque  $X$  augmente de 1, le risque que l'événement survienne est multiplié par  $\exp(\beta)$ , car dans ce cas-là, la différence  $x_1 - x_0 = 1$  (Hosmer et al., 2008).

#### 4.2.5. Modélisation du temps de survie d'un accident

Dans le cadre de cette étude, nous allons utiliser l'analyse de survie afin de modéliser le temps de survie avant la survenue d'un accident. Nous allons observer les caractéristiques générales du temps de survie pour l'ensemble de tous les nouveaux conducteurs qui ont obtenu leur permis probatoire entre 2005 et 2014.

Ainsi, pour modéliser le temps de survie des accidents, nous allons utiliser le modèle de Cox, défini ci-dessus. Nous avons créé la variable « days\_acc » qui comptabilise le nombre de jours entre la date d'obtention du permis probatoire et le premier accident. S'il n'y a pas eu d'accident avant la fin de la période probatoire ou de la période d'observation pour les nouveaux conducteurs qui n'avaient pas encore terminé la période probatoire lors de l'extraction des données, alors la variable « days\_acc », qui représente le temps dans notre modèle, sera censurée. Cette variable sera modélisée à l'aide du modèle de Cox. Les variables explicatives présentes dans ce modèle ont été définies dans le chapitre 2 sur la présentation des données. Nous prenons en compte tous les nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans dans cette étude. Nous assimilons la date de « décès » de l'analyse de survie à la date du premier accident. Notre modèle de Cox s'écrit ainsi :

$$h(t) = h_0(t) \exp(\beta_1 * \text{phys\_sexe} + \beta_2 * \text{categorie\_pp} + \beta_3 * \text{echec\_t} + \beta_4 * \text{echec\_p} + \beta_5 * \text{legis\_2010} + \beta_6 * \text{inf\_acc} + \beta_7 * \text{pct\_voiture\_prop}). \quad (4.34)$$

Nous estimons un modèle général pour tous les conducteurs. Les résultats seront interprétés selon le ratio de risque défini ci-dessus. Pour les variables catégorielles, des indicatrices seront créées et nous interpréterons les résultats par rapport à une catégorie de référence. La démarche est similaire à la régression logistique.

# 5. Analyse des principaux résultats

## 5.1. Aperçu général

Dans cette partie, nous avons procédé à des régressions logistiques et des analyses de survie pour estimer les facteurs qui influencent la probabilité que des jeunes conducteurs aient au moins un accident ou une infraction pendant la période probatoire (24 mois). Dans un premier temps, nous allons présenter les résultats d'une régression logistique portant sur l'ensemble de la période probatoire. Puis, nous analyserons les effets des variables étudiées sur quatre périodes de six mois pour comprendre comment ces facteurs évoluent au cours de la période probatoire. De plus, dans une analyse complémentaire, une régression logistique multinomiale a été réalisée sur la période de vingt-quatre mois. Enfin, nous avons effectué une analyse de survie nous permettant d'analyser le délai de survenue du premier accident au cours de la période probatoire. Au regard de ces différentes analyses, nos résultats semblent converger avec ceux observés lors de l'analyse descriptive présentée dans le chapitre 3.

Dans toutes les analyses effectuées, une catégorie de référence doit être précisée pour les variables explicatives catégorielles. Pour les variables binaires, la catégorie « 0 » est retenue comme référence. Pour l'âge au permis probatoire, la catégorie « 21-24 » ans a été choisie comme référence, car c'est celle qui a le risque le plus faible d'avoir un accident. Le sexe féminin « F » a également été retenu en raison du plus faible risque d'accident des conductrices par rapport aux conducteurs. Le temps (en pourcentage) pendant lequel le conducteur est propriétaire d'un véhicule pendant la période probatoire (variable « Pct\_voit\_prop ») est une variable qui peut prendre quatre valeurs possibles : « 0 », « 33 », « 66 » et « 100 ». Cette variable est utilisée lorsque la période d'observation est l'ensemble de la période probatoire, à savoir vingt-quatre mois. Si la

période observée est inférieure à vingt-quatre mois, nous utiliserons une variable dichotomique qui indique si le conducteur a été propriétaire d'un véhicule (=1) ou non (=0) sur la période considérée. La valeur « 0 » a aussi été choisie pour toutes ces variables comme référence dans nos interprétations. On suppose que cette valeur correspond à la plus faible exposition. En effet un conducteur qui n'a pas été propriétaire d'un véhicule pendant toute la période analysée a probablement moins conduit, et donc a été moins exposé au risque d'accident. Pour chaque variable catégorielle, des indicatrices sont automatiquement créées par les procédures du logiciel SAS utilisées, une par modalité. Dans chaque interprétation, il ne sera pas toujours mentionné : « toutes variables étant égales par ailleurs » aux fins d'alléger le texte. Toutefois, cela s'appliquera systématiquement dans toutes les interprétations des rapports de cotes.

Rappelons que notre étude porte sur une période de dix ans, soit entre 2005 et 2014, et analyse les risques d'accident et d'infraction encourus par les nouveaux jeunes conducteurs pendant leur période probatoire (deux ans). De ce fait, certaines observations concernant des conducteurs ne seront pas traitées, car elles sortent de la période d'étude. C'est ainsi qu'un conducteur qui aurait eu son permis probatoire en 2013 ou 2014 n'a pas pu être observé sur toute la période probatoire, justifiant certaines observations non observées. Sur les 680 602 nouveaux conducteurs de la base de données, environ 15 000 d'entre eux n'ont pas pu être observés dans les six premiers mois, et pour un peu plus de 120 000 conducteurs (18 %), nous n'avons pas pu les observer sur toute la période probatoire. Dans le cadre des régressions logistiques, pour les variables dépendantes correspondant à différentes périodes par exemple pendant les six premiers mois ou pendant la deuxième période de six mois, seuls les conducteurs qui ont eu leur permis probatoire pendant toute la période de six mois (ou un mois dans le cas des régressions pour le premier, deuxième,..., et sixième mois) ont été inclus), dans les analyses. Puis, pour l'analyse de survie, tous les conducteurs avec au moins une journée de permis probatoire ont été inclus dans l'analyse avec un temps de censure égal au nombre de jours qui sépare la date d'obtention du permis probatoire du 31 décembre 2014 dans les cas où les conducteurs n'ont pas été impliqués dans un



accident rapporté par un policier dans la période d'observation qui peut être inférieure à deux ans.

## 5.2. Effets des facteurs de risque pour l'ensemble de la période probatoire (24 mois)

De nombreux facteurs contribuent aux risques d'accident et d'infraction chez les jeunes conducteurs novices. Nous avons porté notre attention dans ce mémoire sur les caractéristiques des jeunes conducteurs en distinguant deux modules de facteurs : ceux liés à la personne (âge, sexe), à l'historique et à l'expérience des conducteurs, et ceux liés à leur formation à la conduite. Pour l'ensemble de la période probatoire, nous avons donc considéré deux classes de modèles de régression logistique. La première porte uniquement sur les variables liées à la personne, à l'historique et à l'expérience des conducteurs. Puis, la seconde classe ajoute aux modèles les variables liées à l'apprentissage en matière de conduite.

### 5.2.1. Facteurs liés à la personne, à l'historique et à l'expérience des conducteurs dans la survenue d'un accident

Dans le premier modèle de régression logistique, nous allons analyser la variable dépendante « acc\_0\_24 » correspondant à la survenue ou non d'au moins un accident durant la période probatoire du conducteur. Pour cela, nous allons prendre en compte le sexe (« phys\_sexe ») et la catégorie d'âge du conducteur au permis probatoire (« catégorie\_pp »), la commission ou non d'une infraction avant un accident (« inf\_acc »), la survenue ou non d'un accident en période apprentie (« acc\_app »), et s'il est propriétaire ou non d'un véhicule pendant la période probatoire (« pct\_voit\_prop »).

Comme nous l'avons vu dans la revue de la littérature, la jeunesse et l'inexpérience qui lui est associée, ainsi que le sexe, ressortent de nombreuses études comme des facteurs de risque chez les jeunes conducteurs. Il a été montré que les plus jeunes, entre 16 et 18 ans, ont plus de risque d'accident que les groupes plus âgés et que les jeunes conducteurs de sexe masculin sont plus risquophiles que les conductrices du même âge. Les variables relatives à l'historique du conducteur en matière d'infraction ou d'accident (en période apprentie) pendant sa courte expérience peuvent nous renseigner sur une personnalité plus risquophile, en sachant qu'en période apprentie, le jeune conducteur doit être accompagné. Enfin, le fait que le conducteur soit propriétaire d'un véhicule est susceptible de nous indiquer le niveau d'exposition à la conduite d'un conducteur. On fait l'hypothèse qu'une personne qui possède une voiture aura plus d'expérience qu'une personne qui n'en détient pas. On suppose que plus la durée de propriété d'un véhicule pendant la période probatoire est longue, plus grande sera l'expérience, mais aussi l'exposition au risque, du conducteur.

Dans le tableau 5.1 sont présentés les résultats obtenus par cette première régression logistique modélisant les liens entre le risque d'être impliqué dans au moins un accident de la route ayant fait l'objet d'un rapport policier pendant toute la période de 24 mois du permis probatoire, et les variables explicatives liées à la personne, à l'historique et à l'expérience des jeunes conducteurs.

**Tableau 5.1** : Modèle de régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur l'ensemble de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n= 559 722)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-2,5296	0,0140	32799,7605	<,0001	0,08		
phys_sexe	M	0,1848	0,00787	552,0274	<,0001	1,20	1,19	1,22
categorie_pp	16-18	0,3799	0,0135	792,2197	<,0001	1,46	1,42	1,50
categorie_pp	19-20	0,1702	0,0167	103,6269	<,0001	1,19	1,15	1,23
inf_acc		1,3797	0,00984	19657,8380	<,0001	3,97	3,89	4,05
acc_app		0,4584	0,0348	173,9401	<,0001	1,58	1,48	1,69
pct_voit_prop	33	0,4285	0,0123	1211,6262	<,0001	1,54	1,49	1,57
pct_voit_prop	66	0,4853	0,0121	1615,6852	<,0001	1,63	1,59	1,66
pct_voit_prop	100	0,2797	0,0105	705,0076	<,0001	1,32	1,29	1,35

Nous pouvons observer que toutes les variables explicatives incluses dans le modèle sont significatives à un seuil de 5 %.

D'après l'analyse des estimations du maximum de vraisemblance, le fait d'avoir commis une infraction ou plus en phase apprenante ou en tout début de période probatoire multiplie de presque quatre fois (RC=3,97) le risque d'être impliqué par la suite dans au moins un accident dans la période probatoire.

Par ordre d'importance décroissante, on peut d'abord souligner l'effet de la durée de propriété d'un véhicule (« pct\_voit\_prop ») qui exprime à la fois l'exposition et l'expérience du conducteur. Si le conducteur est propriétaire d'un véhicule pendant une durée représentant plus des deux tiers (« 100 ») de sa période probatoire, le conducteur a un risque d'accident plus élevé que s'il n'est pas propriétaire (catégorie de référence). En effet, il a un risque d'accident multiplié par 1,3. Par ailleurs, si le conducteur est propriétaire pendant une durée représentant un tiers ou jusqu'à deux tiers de sa période probatoire, il a respectivement un risque accru de 1,5 et de 1,6 comparativement à celui qui n'est pas propriétaire. L'augmentation du risque par rapport à la catégorie de

référence est plus importante lorsque la durée de propriété représente jusqu'à deux tiers du temps que lorsque la durée de propriété excède les deux tiers du temps. On peut penser qu'à partir d'un certain seuil l'effet de l'exposition est atténué par l'expérience du conducteur. Un conducteur qui a un véhicule par intermittence a plus de risque d'avoir un accident, car il est exposé sans avoir le bénéfice de l'expérience qui intervient après un certain temps.

Puis, le fait d'avoir eu au moins un accident pendant la période apprentie multiplie de 1,58 le risque d'avoir au moins un accident en période probatoire. En ce qui concerne l'âge au permis probatoire, les plus jeunes, c'est-à-dire ceux âgés de 16 à 18 ans, ont presque 1,5 fois (RC=1,46) fois plus de risque d'avoir un accident que les 21-24 ans. Enfin, le sexe a un effet sur le risque d'accident, mais il est moindre que les effets des autres variables explicatives de ce premier modèle. Les jeunes conducteurs de sexe masculin ont, toutes choses étant égales par ailleurs, 1,20 fois plus de risque d'avoir au moins un accident pendant la période probatoire prise dans son ensemble que les jeunes conductrices.

### 5.2.2. Facteurs liés à la formation des jeunes conducteurs dans la survenue d'un accident

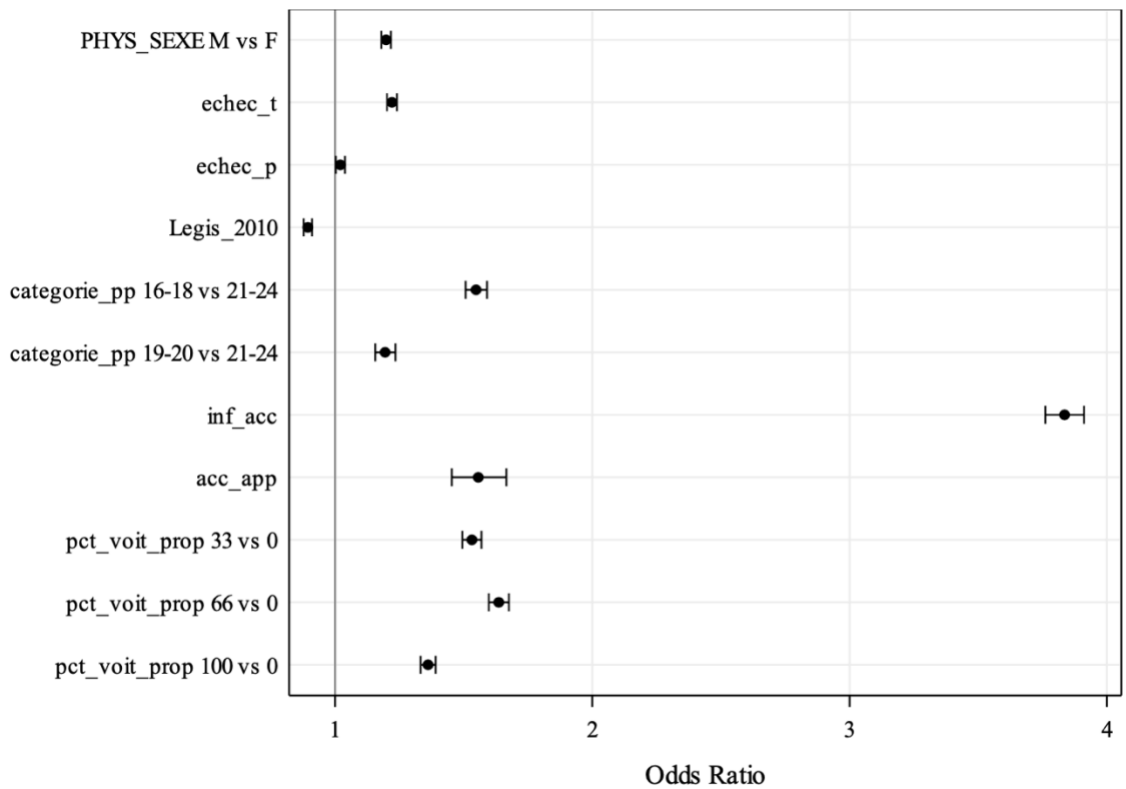
Par rapport à la modélisation précédente, nous avons ajouté dans le nouveau modèle quelques variables explicatives en lien avec la formation du jeune conducteur pour expliquer la survenue d'au moins un accident dans la période probatoire. Il s'agit tout d'abord de variables caractérisant la réussite des jeunes conducteurs aux différents examens : « echec\_t » est une variable qui indique si le conducteur a eu au moins un échec à l'examen théorique, et « echec\_p » nous renseigne si le conducteur a eu au moins un échec à l'examen pratique. Il est important de rappeler que tous les conducteurs ont fini par réussir leurs examens, que ce soit l'examen théorique ou l'examen pratique. Ce modèle va également inclure la variable « legis\_2010 » qui spécifie la période pendant laquelle le conducteur a eu sa formation, à savoir entre 2005 et 2010

(« legis\_2010 » = 0) ou après la mise en œuvre de la réforme avec les cours de conduite obligatoires, soit entre 2010 et 2014 (« legis\_2010 » = 1).

Les résultats du deuxième modèle de régression logistique sont présentés dans le tableau 5.2 et la figure 5.1 où l'on peut observer les rapports de cotes pour chaque variable.

**Tableau 5.2 :** Modèle de régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur l'ensemble de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=559 722)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-2,6304	0,0150	30571,5576	<,0001	0,07		
Phys_sexe	M	0,1810	0,00788	527,5695	<,0001	1,19	1,18	1,22
echec_t		0,1999	0,00798	626,8239	<,0001	1,22	1,20	1,24
echec_p		0,0203	0,00892	5,2016	0,0226	1,02	1,00	1,04
Legis_2010		-0,1118	0,00932	144,0862	<,0001	0,89	0,88	0,91
categorie_pp	16-18	0,4371	0,0137	1017,0933	<,0001	1,55	1,51	1,59
categorie_pp	19-20	0,1780	0,0167	113,1658	<,0001	1,19	1,16	1,24
inf_acc		1,3443	0,00999	18118,1846	<,0001	3,84	3,76	3,91
acc_app		0,4426	0,0347	162,5970	<,0001	1,56	1,45	1,67
pct_voit_prop	33	0,4264	0,0123	1192,7416	<,0001	1,53	1,49	1,57
pct_voit_prop	66	0,4925	0,0122	1638,9021	<,0001	1,64	1,59	1,68
pct_voit_prop	100	0,3086	0,0109	801,0239	<,0001	1,36	1,33	1,39



**Figure 5.1** : Représentation graphique des rapports de cotes à un intervalle de confiance à un niveau de 95 %

Dans ce modèle de régression logistique, toutes les variables explicatives sont significatives à un seuil de 5 %. Le facteur indiquant la survenue d’une infraction avant un accident (« inf\_acc ») reste également important dans ce modèle avec un rapport de cotes de 3,8. Les résultats montrent également que la variable indiquant la durée de propriété d’un véhicule pendant la période probatoire (« pct\_voit\_prop ») et celle concernant le fait d’avoir eu au moins un accident pendant la période apprentie ont presque les mêmes effets que dans le modèle précédent (tableau 5.1). Ces trois variables interviennent de façon significative sur le risque d’avoir un accident chez les nouveaux jeunes conducteurs. Nous constatons également qu’il y a un effet d’âge pour les 16-18 ans par rapport au groupe 21-24 ans : les conducteurs ayant entre 16 et 18 ans au moment du permis probatoire ont 1,55 fois plus de risque d’avoir au moins un accident

dans la période de conduite avec un permis probatoire que les 21-24 ans, toutes choses étant égales par ailleurs. De même, le sexe continue d'avoir un effet sur le risque d'accident. Dans ce modèle introduisant davantage de variables explicatives, les caractéristiques, l'historique et l'expérience/exposition des conducteurs contribuent encore fortement à expliquer le risque d'être impliqué dans un accident.

Ce modèle prend également en considération des variables liées à la formation des conducteurs. Les conducteurs ayant échoué au moins une fois à l'examen théorique (« echec\_t ») ont un risque d'accident multiplié par 1,22 par rapport aux conducteurs qui l'ont réussi du premier coup. Ainsi le fait de rater une seule fois, ou plus, l'examen théorique avant de le réussir est un facteur de risque d'avoir au moins un accident pendant la période probatoire. Selon notre base de données, près de 40 % des conducteurs de 16-24 ans ont échoué à cet examen théorique au moins une fois.

L'effet du sexe n'a pas été modifié par l'ajout des variables liées à la formation. Par ailleurs, la réforme de 2010 a également un impact sur le risque d'accident. En effet, un conducteur qui a suivi la formation, avec cours obligatoires, mise en vigueur après 2010 a environ 11 % fois moins de chance (RC=0,89) d'avoir au moins un accident qu'un conducteur qui a eu sa formation avant 2010 (sans cours obligatoires). Les nouveaux cours prodigués depuis 2010 ainsi que l'obligation de les suivre ont eu un impact positif sur la sécurité routière. Enfin, le fait de réussir du premier coup l'examen pratique nécessaire à l'obtention du permis probatoire a une influence négligeable sur le risque d'avoir au moins un accident pendant les deux ans qui suivent l'obtention du permis probatoire (RC=1,02 ; p=0,0226).

### 5.2.3. Facteurs d'importance sur le risque de commettre une infraction au Code de la sécurité routière sanctionnée par un policier pendant la période probatoire

Une modélisation par régression logistique a également été réalisée concernant le risque qu'un jeune conducteur novice commette une infraction au Code de la sécurité routière,

sanctionnée par un policier, pendant la période probatoire. Le modèle comprend les mêmes variables explicatives que celles incluses dans l'analyse du risque d'accident. Les résultats sont présentés dans le tableau 5.3.

**Tableau 5.3** : Modèle de régression logistique du risque d'infraction des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur l'ensemble de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=559 722)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-2,0870	0,0121	29616,2407	<,0001	0,12		
Phys_sexe	M	0,7986	0,00652	15010,9538	<,0001	2,22	2,19	2,25
categorie_pp	16-18	0,4986	0,0110	2065,9807	<,0001	1,65	1,61	1,68
categorie_pp	19-20	0,1988	0,0133	223,0616	<,0001	1,22	1,19	1,25
echec_t		0,3536	0,00666	2819,5299	<,0001	1,42	1,41	1,44
echec_p		-0,0248	0,00743	11,1236	0,0009	0,98	0,96	0,99
Legis_2010		-0,2780	0,00748	1381,0353	<,0001	0,76	0,75	0,77
inf_app		0,5179	0,0167	963,8000	<,0001	1,68	1,63	1,73
pct_voit_prop	33	0,3232	0,0108	900,6113	<,0001	1,38	1,35	1,41
pct_voit_prop	66	0,4969	0,0105	2255,0356	<,0001	1,64	1,61	1,68
pct_voit_prop	100	0,5404	0,00886	3724,5849	<,0001	1,72	1,69	1,75

À la lumière des résultats, nous observons que les différentes variables incluses dans le modèle sont significatives à un seuil de 5 %. Alors que le sexe est une des variables ayant le moins d'effet pour expliquer le risque d'accident durant la période probatoire, il constitue le facteur ayant le plus d'effet pour expliquer le risque d'infraction. En effet, les hommes ont 2,22 fois plus de chance de commettre une infraction que les femmes, toutes choses étant égales par ailleurs. L'effet du sexe est donc très important dans l'analyse du risque d'infraction.

De plus, la commission d'une infraction pendant la période apprentie augmente également le risque de commettre une infraction pendant la période probatoire. En effet, ce facteur multiplie le risque d'infraction par 1,68. L'âge au permis probatoire est également important dans le risque d'infraction. En effet, comme pour le risque d'accident, plus le conducteur a son permis à un jeune âge, plus le risque de commettre une infraction est important. Le risque d'infraction est 1,65 fois plus important pour les 16-18 ans par rapport aux 21-24 ans. Ce rapport de cotes est assez proche de celui relatif au risque d'accident qui était de 1,55.



Nous pouvons également observer que le fait d'être propriétaire d'un véhicule pendant la période probatoire influence également le risque d'infraction. Plus un conducteur est propriétaire longtemps d'un véhicule pendant la période probatoire, plus il risque de commettre une infraction. En effet, si le conducteur est propriétaire d'une voiture pendant plus de 2/3 de la période probatoire, il a 1,72 fois plus de risque de commettre une infraction par rapport à un conducteur qui ne détient pas de véhicule. Le risque est également accru si le conducteur est propriétaire d'une voiture durant le tiers ou jusqu'au deux tiers de la période probatoire, avec respectivement 1,38 et 1,64 fois plus de chance de commettre une infraction par rapport à un conducteur non propriétaire. Il ressort de cela que plus un conducteur détient longtemps un véhicule pendant la période probatoire, plus il sera exposé au risque d'infraction.

Enfin, nous observons que les variables relatives à la formation des nouveaux conducteurs sont associées au risque de commettre une infraction, en particulier la variable « echec\_t » et « legis\_2010 ». Ainsi, le risque d'infraction est multiplié par 1,42 pendant la période probatoire si le conducteur n'a pas réussi du premier coup l'examen théorique et par 0,76 si le conducteur a suivi sa formation après l'entrée en vigueur de la réforme en janvier 2010. Ces rapports de cotes sont légèrement plus élevés que ceux estimés pour le risque d'accident. Il semblerait que les variables relatives à la formation aient un lien avec le risque de commettre une infraction pendant la période probatoire.

Enfin, à l'instar du risque d'accident, la variable « echec\_p » qui indique si le conducteur a réussi du premier coup ou non l'examen pratique pour le permis probatoire a un effet négligeable sur le risque d'infraction. En effet, le rapport de cotes est très proche de 1 (RC=0,98). Ces résultats confirment les résultats décrits dans le cadre des analyses descriptives.

#### 5.2.4. Combinaison du risque d'accident et du risque d'infraction

Nous avons effectué une régression logistique multinomiale afin d'estimer l'effet des différents facteurs de risque des modèles précédents sur une variable dépendante qui

combine le risque d'accident et d'infraction. Cette variable à expliquer (« cat\_acc\_0\_24 ») comporte quatre modalités qui sont définies de la façon suivante :

- La variable est égale à 0 si le conducteur n'a eu ni accident ni infraction pendant la période probatoire. Cette modalité sera celle de référence.
- La variable est égale à 1 si le conducteur a commis au moins une infraction sans accident pendant la période probatoire.
- La variable est égale à 2 si le conducteur a eu au moins un accident sans infraction pendant la période probatoire.
- La variable est égale à 3 si le conducteur a eu au moins un accident et commis au moins une infraction pendant la période probatoire.

Les statistiques descriptives des variables de ce modèle seront présentées dans le tableau A.1 en annexes.

Le tableau 5.4 présente les résultats de cette régression logistique multinomiale.

**Tableau 5.4 :** Modèle de régression logit multinomial du risque d'accident et du risque d'infraction des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur l'ensemble de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n= 559 722)									
Paramètre		Var. Dep.	Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	de au
Intercept		1	-2,2009	0,0135	26717,6587	<,0001	0,11		
Intercept		2	-2,7514	0,0198	19306,3310	<,0001	0,06		
Intercept		3	-3,9860	0,0263	23038,9849	<,0001	0,02		
Phys_sexe	M	1	0,7762	0,00732	11235,4275	<,0001	2,17	2,14	2,21
Phys_sexe	M	2	0,0711	0,0108	43,3360	<,0001	1,07	1,05	1,09
Phys_sexe	M	3	0,9004	0,0133	4564,3545	<,0001	2,46	2,39	2,53
ehec_t		1	0,3504	0,00749	2187,5000	<,0001	1,42	1,39	1,44
ehec_t		2	0,2004	0,0111	325,9165	<,0001	1,22	1,19	1,25
ehec_t		3	0,4904	0,0132	1388,0451	<,0001	1,63	1,59	1,68
ehec_p		1	-0,0342	0,00836	16,7204	<,0001	0,97	0,95	0,98
ehec_p		2	0,00258	0,0122	0,0445	0,8330	1,00	0,98	1,03
ehec_p		3	0,000618	0,0147	0,0018	0,9665	1,00	0,97	1,03
Legis_2010		1	-0,3620	0,00851	1807,9175	<,0001	0,69	0,68	0,71

Legis_2010		2	-0,3776	0,0127	887,4033	<,0001	0,69	0,67	0,70
Legis_2010		3	-0,5266	0,0157	1131,7592	<,0001	0,59	0,57	0,61
categorie_pp	16-18	1	0,4991	0,0122	1671,6352	<,0001	1,64	1,61	1,69
categorie_pp	16-18	2	0,5233	0,0184	806,7570	<,0001	1,69	1,63	1,75
categorie_pp	16-18	3	0,7747	0,0235	1083,6815	<,0001	2,17	2,07	2,27
categorie_pp	19-20	1	0,1837	0,0149	152,9104	<,0001	1,20	1,17	1,24
categorie_pp	19-20	2	0,1719	0,0226	58,0599	<,0001	1,19	1,14	1,24
categorie_pp	19-20	3	0,3173	0,0283	125,4434	<,0001	1,37	1,29	1,45
acc_app		1	0,4781	0,0445	115,2599	<,0001	1,61	1,48	1,76
acc_app		2	-0,1800	0,0856	4,4251	0,0354	0,84	0,71	0,99
acc_app		3	0,4297	0,0652	43,3917	<,0001	1,54	1,35	1,75
inf_app		1	0,6350	0,0229	768,0581	<,0001	1,89	1,80	1,97
inf_app		2	0,3758	0,0377	99,5159	<,0001	1,46	1,35	1,57
inf_app		3	0,8648	0,0348	617,2414	<,0001	2,38	2,22	2,54
pct_voit_prop	33	1	0,3167	0,0124	652,3258	<,0001	1,37	1,34	1,41
pct_voit_prop	33	2	0,4853	0,0172	800,6351	<,0001	1,63	1,57	1,68
pct_voit_prop	33	3	0,6172	0,0200	949,2311	<,0001	1,85	1,78	1,93
pct_voit_prop	66	1	0,4727	0,0121	1537,6015	<,0001	1,60	1,57	1,64
pct_voit_prop	66	2	0,5467	0,0171	1019,5155	<,0001	1,73	1,67	1,786
pct_voit_prop	66	3	0,7105	0,0199	1275,2633	<,0001	2,04	1,96	2,12
pct_voit_prop	100	1	0,6024	0,00988	3721,6529	<,0001	1,83	1,79	1,86
pct_voit_prop	100	2	0,4592	0,0149	947,8444	<,0001	1,58	1,54	1,63
pct_voit_prop	100	3	0,6113	0,0179	1162,6628	<,0001	1,84	1,78	1,91

À la lecture du tableau, nous observons que toutes les variables incluses dans le modèle sont significatives à un seuil de 5 % à l'exception de la variable « echec\_p » qui n'est pas significative dans les cas où la modalité de la variable dépendante est égale à 2 ou à 3. Cela est similaire aux résultats trouvés dans les régressions précédentes où le fait d'avoir eu au moins un échec à l'examen pratique est négligeable sur le risque d'accident ou d'infraction pendant la période probatoire.

De plus, nous notons que l'effet du sexe est important dans ce modèle multinomial. Dans le cas où au moins une infraction a été commise (modalités 1 et 3), le risque est plus

important pour le sexe masculin. En effet, les hommes ont 2,17 fois plus de risque que les femmes d'avoir commis au moins une infraction sans accident pendant la période probatoire. Ils ont 2,46 fois plus de risque que les femmes d'avoir eu au moins un accident et au moins une infraction pendant la période probatoire. Mais, les jeunes conducteurs de sexe masculin n'ont pas plus de risque que les conductrices d'avoir eu seulement un accident sans infraction (RC=1,07). Donc, l'écart entre les hommes et les femmes diminue lorsqu'on prend en compte que le risque d'accident seul sans infraction. En somme, il ressort de cela que les jeunes conducteurs de sexe masculin ont surtout plus de risque de commettre une infraction pendant la période probatoire que les jeunes conductrices.

Par ailleurs, le jeune conducteur qui a échoué au moins une fois à l'examen théorique (« echec\_t ») a 1,42 fois plus de risque de commettre une infraction seule sans accident pendant la période probatoire comparativement à celui qui a réussi du premier coup. Il a également un risque accru (RC=1,63) d'avoir commis au moins une infraction et eu au moins un accident. Par contre, la probabilité d'avoir eu seulement au moins un accident est multipliée par 1,22. Une nouvelle fois, nous observons que si le conducteur n'a pas réussi du premier coup l'examen théorique, le risque est davantage accentué dans les infractions que dans les accidents pendant la période probatoire. Ainsi, la performance à l'examen théorique pourrait être un facteur clé pour dépister les conducteurs susceptibles de commettre une infraction.

La variable relative à la réforme de 2010 (« legis\_2010 ») a des effets sur les trois modalités de la variable à expliquer. Ainsi, le risque d'avoir au moins une infraction seule sans accident, au moins un accident seul et une combinaison d'au moins un accident et d'au moins une infraction est respectivement multiplié par 0,69, 0,69 et 0,59 si le conducteur a suivi sa formation après 2010. L'obligation de suivre des cours de sécurité routière en 2010 a nettement diminué le risque d'accident et d'infraction avec une diminution encore plus importante pour le risque d'avoir à la fois une infraction et un accident. Il ressort de cela que les conducteurs ayant suivi les cours obligatoires après 2010 sont moins susceptibles de commettre au moins une infraction sanctionnée et

d'être impliqués dans au moins un accident que ceux ayant eu leur permis probatoire avant la réforme. La réforme de 2010 a donc joué un rôle significatif dans la baisse du risque des nouveaux jeunes conducteurs.

En ce qui concerne l'âge au permis, les plus jeunes (16-18 ans) ont un risque accru par rapport aux 20-24 ans de commettre une infraction seule sans accident, d'avoir un accident seul sans infraction et d'avoir les deux pendant la période probatoire. En effet, le risque d'avoir au moins une infraction sans accident est multiplié par 1,65 et le risque d'avoir au moins un accident sans infraction par 1,69 par rapport aux conducteurs ayant eu leur permis entre 20 et 24 ans. De surcroît, le risque d'avoir au moins une infraction et au moins un accident est un peu plus de deux fois plus important ( $RC=2,17$ ) par rapport à des conducteurs âgés de 21 à 24 ans. Le fait d'être très jeune à l'obtention du permis probatoire a donc un effet notable sur le risque d'avoir au moins un accident et au moins une infraction pendant la période probatoire. Cela conforte le fait qu'à un plus jeune âge les conducteurs sont plus enclins à prendre des risques qu'une fois la vingtaine passée.

### 5.3. Effets des facteurs de risque au cours de la période probatoire

Nous allons d'abord compléter l'analyse effectuée sur l'ensemble de la période probatoire par une analyse sur différentes périodes à partir de régressions logistiques : une analyse par tranche de six mois et une analyse mensuelle pendant les six premiers mois. Ces analyses nous permettront de comparer les effets des variables au cours de la période probatoire, et notamment au cours des six premiers mois. L'évolution des effets des variables explicatives au cours du temps est susceptible de rendre compte de l'expérience acquise par les conducteurs. Enfin, nous procéderons à une analyse de survie qui nous permettra d'identifier sur l'ensemble de la période les moments de survenue des accidents, lorsqu'ils se produisent.

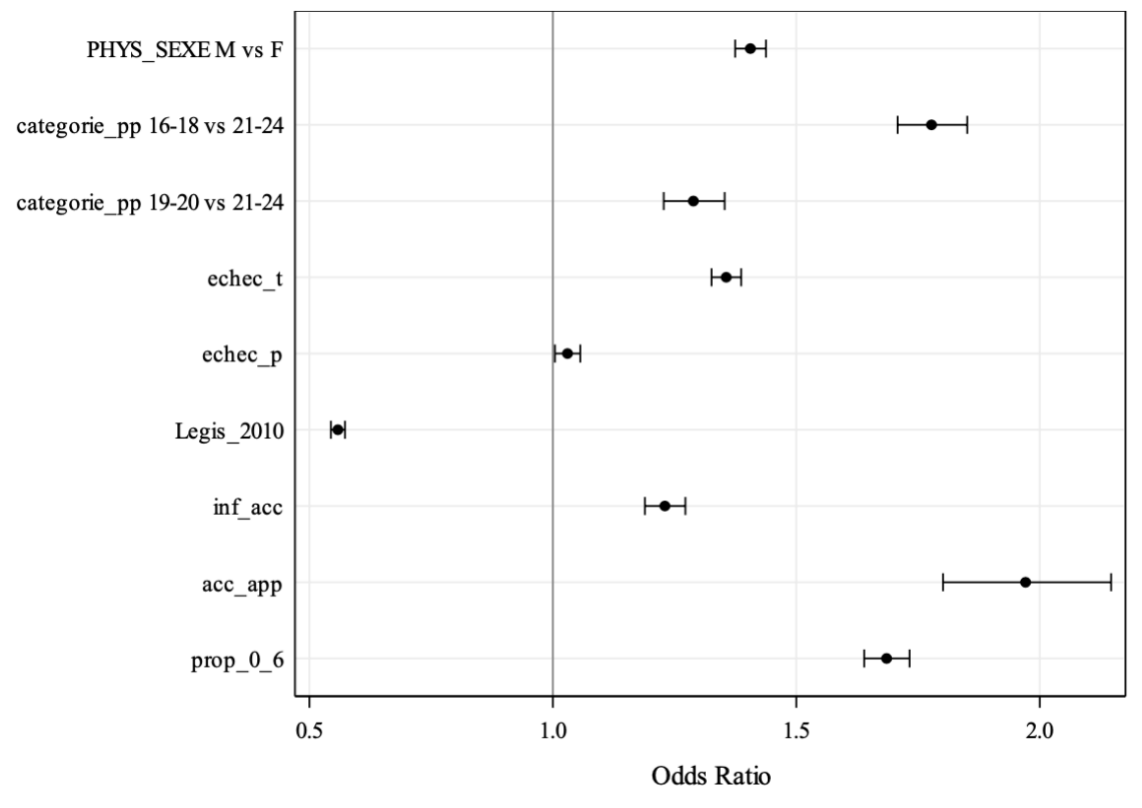
### 5.3.1. Facteurs de risque d'accident par tranche de six mois sur la période probatoire

Nous avons effectué quatre régressions logistiques sur la période probatoire par tranche de six mois : 0-6 mois, 6-12 mois, 12-18 mois et 18-24 mois.

Le tableau 5.5 présente les résultats de la régression logistique sur le risque d'accident des jeunes conducteurs entre 16 et 24 ans pendant les six premiers mois après l'obtention du permis probatoire. La figure 5.2 montre les rapports de cotes pour chaque variable. Les résultats des modèles de régression logistique pour les trois autres périodes de six mois sont présentés dans les annexes (tableaux B.1 à B.3). Le tableau 5.6 résume les résultats pour les quatre périodes étudiées.

**Tableau 5.5** : Modèle de régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur les six premiers mois après l'obtention du permis probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=664 394)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-3,6639	0,0223	27114,9591	<,0001	0,03		
Phys_sexe	M	0,3405	0,0115	881,4081	<,0001	1,41	1,37	1,44
categorie_pp	16-18	0,5753	0,0205	786,5100	<,0001	1,78	1,71	1,85
categorie_pp	19-20	0,2535	0,0248	104,8066	<,0001	1,29	1,23	1,35
echech_t		0,3045	0,0115	706,8783	<,0001	1,36	1,33	1,39
echech_p		0,0295	0,0128	5,2925	0,0214	1,03	1,00	1,06
Legis_2010		-0,5827	0,0133	1928,4757	<,0001	0,56	0,54	0,57
inf_acc		0,2070	0,0172	144,1663	<,0001	1,23	1,19	1,27
acc_app		0,6784	0,0447	230,3955	<,0001	1,97	1,80	2,15
prop_0_6		0,5220	0,0141	1371,8308	<,0001	1,69	1,64	1,73



**Figure 5.2** : Représentation graphique des rapports de cotes à un intervalle de confiance à un niveau de 95 %

**Tableau 5.6 :** Rapports de cotes du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans par période de six mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

		Rapports de cotes			
Paramètre		0-6 mois	6-12 mois	12-18 mois	18-24 mois
Intercept		0,03 (***)	0,02 (***)	0,02 (***)	0,01 (***)
Phys_sexe	M	1,41 (***)	1,25 (***)	1,16 (***)	1,07 (***)
categorie_pp	16-18	1,78 (***)	1,63 (***)	1,52 (***)	1,53 (***)
categorie_pp	19-20	1,29 (***)	1,19 (***)	1,14 (***)	1,19 (***)
echec_t		1,36 (***)	1,21 (***)	1,17 (***)	1,14 (***)
echec_p		1,03 (*)	1,04 (**)	0,99	1,01
Legis_2010		0,56 (***)	0,62 (***)	0,64 (***)	0,65 (***)
inf_acc		1,23 (***)	2,92 (***)	4,41 (***)	5,73 (***)
acc_app		1,97 (***)	1,83 (***)	1,76 (***)	1,76 (***)
prop_0_6		1,69 (***)			
prop_6_12			1,55 (***)		
prop_12_18				1,48 (***)	
prop_18_24					1,45 (***)

(\*\*\*) : significativité à 0,1 %, (\*\*): significativité à 1 %, (\*) : significativité à 5 %

Au regard de ces résultats, nous notons, encore une fois, que toutes les variables sont significatives à un seuil de 5 %, à l'exception de la variable relative à l'examen pratique (« echec\_p ») qui n'est pas significative à un seuil de 5 % dans les modèles de régression logistique portant sur les deux dernières périodes de six mois de la période probatoire. Dans la première année, la variable « echec\_p » est significative à un seuil de 5 %, mais les rapports de cotes sont à peine supérieurs à 1 ce qui fait en sorte que son impact est négligeable sur le risque d'accident.



Nous pouvons distinguer deux types de variables au cours de ces quatre périodes : les variables dont la diminution de l'effet sur le risque d'accident est nette dans le temps, et les variables où l'effet sur le risque d'accident varie peu ou avec une légère diminution au cours du temps.

Un conducteur qui a eu un accident pendant la période apprentie a un risque multiplié par 1,97 d'avoir au moins un accident dans les six premiers mois de la période probatoire. Cette variable ne concerne que très peu de personnes, moins de 1 % de la base de données, mais ces conducteurs ont près de deux fois plus de risques d'avoir au moins un accident dans les six premiers mois de leur période probatoire. L'effet diminue légèrement au cours de la période.

L'âge au permis est également un facteur de risque d'accident pendant la période probatoire, surtout pendant la première année. On invoque chez les plus jeunes la prise de risque et l'inexpérience comme des facteurs contribuant au sur-risque d'accident dans ce groupe. L'effet de l'âge va varier sur la période probatoire avec un risque de survenue d'accident qui baisse légèrement durant les dix-huit premiers mois. Les jeunes vont acquérir de l'expérience et de la maturité. Ainsi, un jeune conducteur ayant eu son permis entre 16 et 18 ans a 1,78 fois plus de risques d'avoir au moins un accident dans les six premiers mois qu'un conducteur ayant eu son permis entre 21 et 24 ans, toutes choses étant égales par ailleurs. L'effet de l'âge diminue au cours de la période avec un rapport de cotes qui passe de 1,78 à environ 1,50 (RC=1,53) pour les 16-18 ans au cours de la période probatoire par rapport aux 20-24 ans.

La variable relative à la durée de propriété d'un véhicule pendant la période probatoire (« prop\_0\_6 ») est également très intéressante à analyser. En effet, les conducteurs qui ont été propriétaire d'un véhicule ont un risque d'accident important pendant les six premiers mois (RC=1,69). Puis, leur risque d'accident diminue au cours de la période probatoire. On peut supposer qu'un jeune conducteur propriétaire d'un véhicule va conduire plus régulièrement qu'un conducteur qui n'a pas de voiture. Au bout de deux ans, un jeune conducteur propriétaire d'un véhicule a probablement acquis de l'expérience, ce qui explique la diminution du risque.

Les conducteurs de sexe masculin ont un risque multiplié par 1,41 d'avoir au moins un accident dans les six premiers mois par rapport aux conductrices. L'écart entre les hommes et les femmes se réduit au cours du temps jusqu'à atteindre presque le même risque (RC=1,07) lors de la dernière tranche de la période probatoire (18-24 mois). Le comportement risquophile des hommes par rapport aux femmes se manifeste davantage dans les six premiers mois après l'obtention du permis probatoire. Puis, la différence de risque entre hommes et femmes s'atténue pour être presque identique en fin de période, mais cette différence est tout de même toujours statistiquement significative en faveur des hommes.

Si le jeune conducteur ne réussit pas du premier coup l'examen théorique du permis probatoire, il a un risque multiplié par 1,36 d'avoir au moins un accident au cours des six premiers mois par rapport à un conducteur qui a réussi l'examen théorique dès son premier passage. Puis, l'effet de la variable « echec\_t » diminue au cours de la période probatoire jusqu'à être relativement faible. Ainsi c'est essentiellement dans les six premiers mois que cette variable a un effet sur le risque d'accident.

Enfin, la réforme sur le contenu de la formation à la conduite et l'introduction de cours obligatoires en 2010 a un effet assez stable sur toute la période probatoire. Les conducteurs qui ont suivi la formation après 2010 sont moins à risque, et ce sur toute la période probatoire, que ceux qui ont passé leur permis avant 2010.

### 5.3.2. Les six premiers mois après l'obtention du permis : une période à risque

Il ressort des analyses précédentes que les six premiers mois après l'obtention du permis probatoire représentent la période la plus à risque d'accident de la période probatoire. Nous allons étudier plus particulièrement cette période en effectuant des régressions logistiques portant sur chacun des six premiers mois.

Les statistiques descriptives des variables de ce modèle seront présentées dans le tableau A.2 en annexes.

Les résultats de ces six régressions logistiques sont présentés en annexes (tableaux B.4 à B.9). Les rapports de cotes sont présentés dans le tableau 5.7.

**Tableau 5.7** : Rapport de cotes du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans par tranche d'un mois sur les six premiers mois après l'obtention du permis probatoire, 2005-2014, Québec.

		Rapport de cotes					
Paramètre		0-1 mois	1-2 mois	2-3 mois	3-4 mois	4-5 mois	5-6 mois
Intercept		0,01 (***)	0,01 (***)	0,01 (***)	0,01 (***)	0,01 (***)	0,01 (***)
Phys_sexe	M	1,42 (***)	1,45 (***)	1,38 (***)	1,33 (***)	1,42 (***)	1,35 (***)
categorie_pp	16-18	2,01 (***)	1,76 (***)	1,72 (***)	1,59 (***)	1,66 (***)	1,63 (***)
categorie_pp	19-20	1,45 (***)	1,27 (***)	1,16 (*)	1,20 (**)	1,27 (***)	1,25 (***)
echec_t		1,47 (***)	1,36 (***)	1,38 (***)	1,33 (***)	1,27 (***)	1,28 (***)
echec_p		1,03	1,06	1,05	1,02	1,03	1,01
Legis_2010		0,58 (***)	0,59 (***)	0,59 (***)	0,56 (***)	0,56 (***)	0,56 (***)
Propriétaire d'un véhicule selon la période considérée (prop_0_1, prop_1_2, prop_2_3, prop_3_4, prop_4_5, prop_5_6)		1,75 (***)	1,39 (***)	1,40 (***)	1,32 (***)	1,30 (***)	1,31 (***)

(\*\*\*) : significativité à 0,1 %, (\*\*): significativité à 1 %, (\*) : significativité à 5 %

À la lecture des résultats du tableau 5.7, le jeune âge au permis (16-18 ans) et le fait d'avoir échoué au moins une fois à l'épreuve théorique du permis probatoire (« echec\_t ») ont un effet important sur le risque d'avoir un accident dans le premier mois après l'obtention du permis probatoire. En effet, les jeunes ayant eu leur permis entre 16 et 18 ans ont un risque deux fois plus élevé d'avoir au moins un accident que ceux qui ont eu leur permis probatoire entre 21 et 24 ans pendant le premier mois après

l'obtention du permis probatoire (RC=2,01). Nous pouvons noter que ce risque baisse ensuite surtout entre le premier (RC=2,01) et le deuxième mois (RC=1,76) et qu'ensuite il reste plutôt stable sur le reste de la période.

En ce qui concerne la variable relative à l'épreuve théorique (« echec\_t »), le risque d'avoir un accident est accru surtout le premier mois pour ceux n'ayant pas réussi au premier coup. En effet, si le nouveau conducteur a échoué au moins une fois à l'examen théorique, son risque d'avoir un accident est multiplié par 1,47 dans le mois qui suit l'obtention de son permis probatoire. Ce risque diminue ensuite de 13 % entre le premier (RC=1,47) et le sixième mois (RC=1,28) après l'obtention du permis probatoire.

À l'instar des autres résultats, la variable relative à la réussite du premier coup ou non de l'examen pratique (« echec\_p ») n'est pas non plus significative à un seuil de 5 %.

En outre, certaines variables ont un effet stable sur les six premiers mois. Ainsi, la variable relative à la période d'obtention du permis (avant ou après 2010) et le sexe du conducteur ont des effets stables, mais opposés sur les six premiers mois : le fait d'avoir passé le permis probatoire après 2010 (« legis\_2010 ») diminue le risque d'accident tandis que le fait que le conducteur soit de sexe masculin l'augmente.

Ainsi, nous pouvons conclure que le premier mois après l'obtention du permis probatoire est le mois qui présente le plus de risque d'accident dans la phase probatoire en particulier pour les plus jeunes (16-18 ans) et pour les conducteurs qui ont échoué au moins une fois à l'examen théorique. Ce premier mois devrait être l'objet d'une attention particulière dans des mesures de sécurité routière.

### 5.3.3. 16-17 ans : une tranche d'âge encore plus à risque

Au Québec, le permis probatoire est délivré à partir de l'âge de 17 ans depuis la réforme de 2010 alors qu'il était octroyé à partir de 16 ans et 8 mois avant pour les conducteurs qui avaient suivi un cours de conduite qui n'était pas obligatoire. Cette différence de 4 mois supplémentaires de conduite avec permis apprenti semble non négligeable sur le

risque. On recense 60 % de conducteurs ayant suivi leur formation avant 2010 et 40 % après 2010 dans la base de données. Il ressort de nos résultats précédents que les 16-18 ans sont la catégorie d'âge au permis la plus à risque dans les six mois suivant l'obtention du permis probatoire.

Afin de mettre en évidence le sur-risque des plus jeunes nouveaux conducteurs sur la route, nous avons réalisé à nouveau deux modèles de régression logistique : un portant sur les six premiers mois et l'autre sur le premier mois suivant l'obtention du permis probatoire. Ces modèles incluent les mêmes variables explicatives que précédemment. Mais nous avons choisi les « 18 ans » en catégorie de référence afin de pouvoir comparer le risque d'accident des 16 et 17 ans avec eux. Les résultats de ces deux modèles sont présentés en annexes (tableaux B.10 et B.11).

Les résultats montrent que les conducteurs ayant eu leur permis probatoire à 16 et à 17 ans ont respectivement 1,24 et 1,15 fois plus de risque d'avoir au moins un accident dans les six premiers mois que les conducteurs qui ont eu leur permis probatoire à 18 ans, toutes choses étant égales par ailleurs. Ainsi, l'âge d'obtention du permis probatoire a un impact sur le risque d'accident et en particulier ceux ayant leur permis à 16 et 17 ans.

De plus, nous constatons que le premier mois après l'obtention du permis probatoire est également une période très à risque pour les jeunes conducteurs ayant eu leur permis à 16 et 17 ans. En effet, ces jeunes conducteurs ont respectivement 1,33 et 1,18 fois plus de risque d'avoir un accident pendant le premier mois de la phase probatoire que les conducteurs ayant obtenu leur permis à 18 ans. En d'autres termes, les jeunes de 16 et de 17 ans ont respectivement 33 % et 18 % plus de risque d'être impliqués dans un accident que les conducteurs de 18 ans dans le premier mois de la période probatoire.

#### 5.3.4. Facteurs de risque d'infraction par période de six mois

Les facteurs de risque d'infraction sont étudiés pour la période probatoire par tranche de six mois (comme dans la section 5.3.1). Nous avons eu recours aux mêmes variables explicatives, sauf pour la variable « acc\_app » que nous avons remplacée par la variable « inf\_app », laquelle indique si le conducteur a eu une infraction pendant la période

apprentie. De plus, la variable « inf\_acc » qui indique si une infraction a été commise avant la survenue d'un accident a été supprimée dans ces modèles. Dans le tableau 5.8, nous rapportons les rapports de cotes de chaque variable pour l'ensemble de la période probatoire fractionnée en quatre périodes de six mois. Les statistiques descriptives sont présentées dans le tableau A.3 en annexes ainsi que l'ensemble des résultats de ces modèles de régression logistique dans les tableaux B.12 à B.15 en annexes.

**Tableau 5.8 :** Rapport de cotes du risque d'infraction des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans par période de six mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

		Rapport de cotes			
Paramètre		0-6 mois	6-12 mois	12-18 mois	18-24 mois
Intercept		0,03 (***)	0,04 (***)	0,04 (***)	0,05 (***)
Phys_sexe	M	2,91 (***)	2,49 (***)	2,23 (***)	2,15 (***)
categorie_pp	16-18	1,63 (***)	1,66 (***)	1,75 (***)	1,69 (***)
categorie_pp	19-20	1,24 (***)	1,23 (***)	1,24 (***)	1,16 (***)
echec_t		1,49 (***)	1,43 (***)	1,39 (***)	1,38 (***)
echec_p		0,94 (***)	0,96 (***)	0,94 (***)	0,97 (**)
Legis_2010		0,57 (***)	0,53 (***)	0,49 (***)	0,43 (***)
inf_app		3,02 (***)	2,35 (***)	1,96 (***)	1,77 (***)
Propriétaire d'un véhicule selon la période considérée (prop_0_6, prop_6_12, prop_12_18, prop_18_24)		1,76 (***)	1,56 (***)	1,49 (***)	1,46 (***)

Comme lors des analyses précédentes, certaines variables explicatives ont des effets qui diminuent au cours de la période probatoire tandis que d'autres ont des effets plutôt stables.

Le sexe est l'une des variables les plus importantes expliquant le risque de commettre une infraction. En effet, dans les six premiers mois suivant l'obtention du permis probatoire, les hommes ont presque trois fois plus de risque que les femmes de commettre une infraction (RC=2,91). Ce risque diminue lors des périodes suivantes, mais il demeure supérieur à 2 dans chacune des trois autres périodes.

L'âge est également un facteur déterminant pour expliquer le risque d'infraction. Toutefois, contrairement au risque d'accident, l'effet de l'âge au permis subsiste au même niveau sur toute la période. En effet, le risque de commettre une infraction est multiplié par environ 1,65 fois pour les conducteurs ayant eu leur permis entre 16 à 18 ans par rapport à ceux qui l'ont eu entre 21 et 24 ans, quelle que soit la tranche de six mois de la période probatoire.

Comme l'âge, les variables « echec\_t » et « legis\_2010 » ont un effet stable sur le risque d'infraction pour toute la période. À l'instar des résultats trouvés dans les précédentes régressions, le fait qu'un conducteur ait échoué au moins une fois au permis probatoire va accroître son risque de commettre une infraction sur toute la période ; et le fait d'avoir été formé après 2010 diminue le risque de commettre une infraction.

La variable « inf\_app » est également importante dans l'explication du risque d'infraction pendant la période probatoire. Cette variable augmente de façon importante le risque d'infraction pendant les six premiers mois de la période probatoire. En effet, si le conducteur a eu une infraction pendant sa période apprentie, celui-ci a un risque d'infraction multiplié par trois dans les six premiers mois de sa phase probatoire. De plus, le risque d'infraction diminue tout au long de la période probatoire pour atteindre un rapport de cote de 1,77 dans la dernière période de la phase probatoire.

Enfin, la variable de propriété d'un véhicule a les mêmes effets sur le risque d'infraction que sur le risque d'accident. Les conducteurs qui sont propriétaires d'un véhicule pendant la période considérée de la phase probatoire ont plus de risque de commettre une infraction qu'un conducteur qui n'est pas propriétaire d'un véhicule. Toutefois, ce risque est élevé la première année (RC=1,76 pour les 0-6 mois ; RC=1,56 pour les 6-12

mois) puis il diminue la deuxième année. Néanmoins, nous pouvons noter que ce risque diminue tout au long des vingt-quatre mois de la période probatoire. On peut faire l'hypothèse que la première année, les conducteurs qui sont propriétaires d'une voiture sont plus exposés à la conduite et sont donc plus susceptibles de commettre une infraction. Puis, l'expérience prend le dessus et le risque de commettre une infraction diminue (RC=1,46 pour les 18-24 mois).

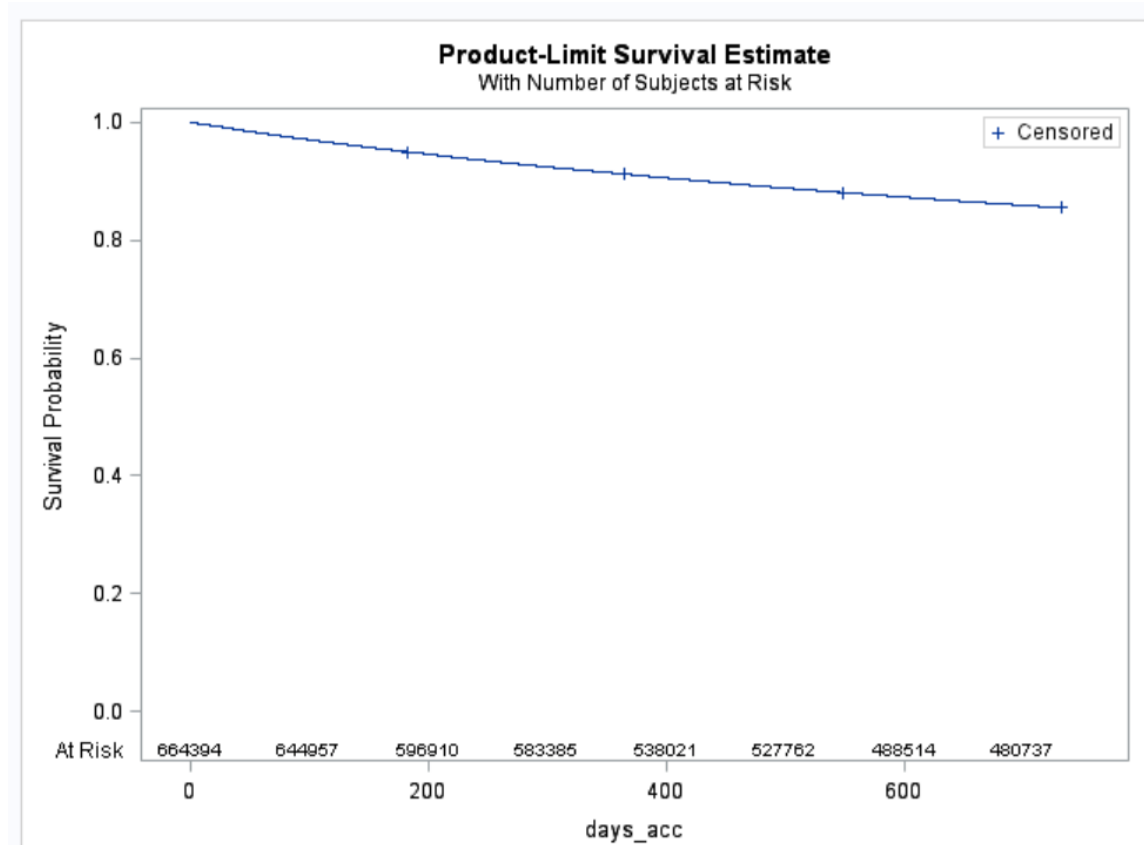
## 5.4. Analyse de survie

Après une analyse des effets des facteurs sur le risque d'accident et d'infraction au cours de la période probatoire, par le biais de modèles de régression logistique, nous souhaitons à présent étudier l'impact de ces variables sur le délai de survenue du premier accident du conducteur après l'obtention de son permis probatoire en utilisant la méthodologie de l'analyse de survie. Nous allons tout d'abord comparer les courbes de survie selon les différentes catégories d'âge à l'aide de la méthode Kaplan-Meier. Puis, plus précisément, nous chercherons à différencier les différences entre les 16, 17 et 18 ans par trois courbes de survie également à l'aide de la méthode Kaplan-Meier. Enfin, nous effectuerons une analyse de survie avec un modèle de Cox. Dans nos modèles, nous avons utilisé la variable dépendante « days\_acc » qui mesure le nombre de jours entre l'obtention du permis probatoire et la survenue d'un premier accident. Les conducteurs sont observés sur l'ensemble de leur période probatoire, à savoir vingt-quatre mois après l'obtention du permis probatoire, ou moins de vingt-quatre mois pour les conducteurs qui ont obtenu leur permis probatoire moins de vingt-quatre mois avant le 31 décembre 2014, qui est la fin de la période d'observation. De plus, si au terme de la période probatoire (ou d'observation), le conducteur n'a pas eu d'accident, les observations seront censurées à droite.



#### 5.4.1. Estimation de la courbe de survie précédant la survenue du premier accident

La figure 5.3 présente la fonction de survie précédant la survenue du premier accident, par la méthode Kaplan-Meier, pour l'ensemble des nouveaux jeunes conducteurs. Cette courbe décrit la dynamique de survenue d'un premier accident au cours de la période probatoire.



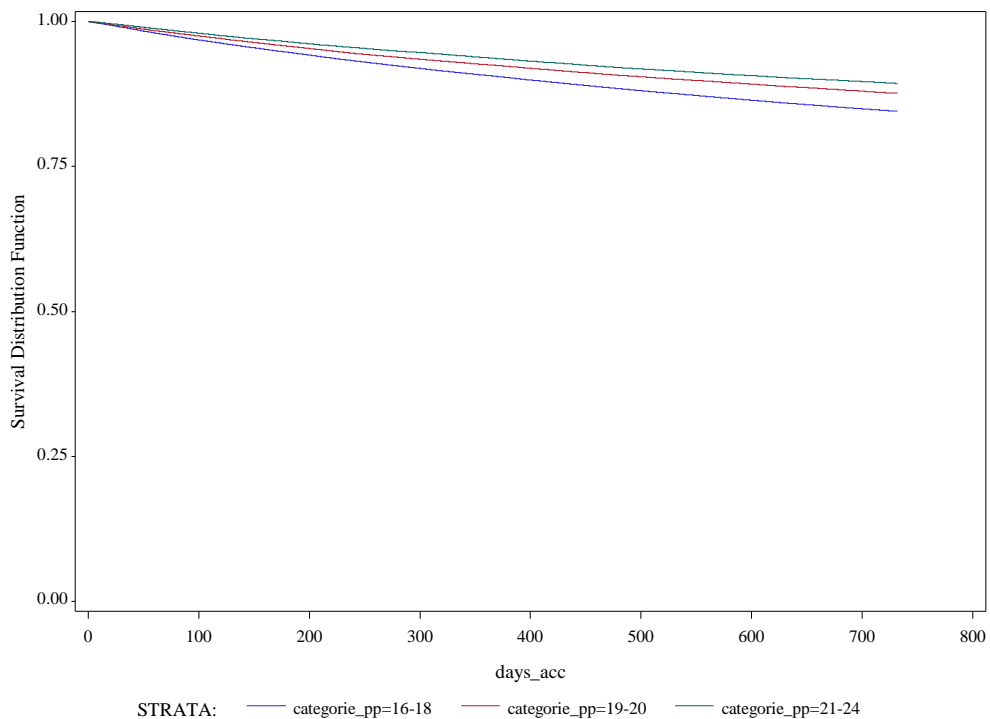
**Figure 5.3** : Graphique de la fonction de survie du délai de survenue du premier accident, 2005-2014, Québec.

D'après la figure 5.3, nous pouvons observer qu'environ 85 % des nouveaux conducteurs entre 16 et 24 ans sont censurés, et n'ont donc pas eu d'accident pendant leur période probatoire. Notre étude se limitant à la période probatoire, les données sont censurées à partir de 731 jours pour les conducteurs qui n'ont pas eu d'accident dans cette période. D'après la figure, nous remarquons que la première année de la période probatoire est plus à risque que la deuxième pour les nouveaux conducteurs entre 16 et 24 ans. En

effet, la pente est un peu plus abrupte pendant la première année de la phase probatoire, ce qui signifie qu'il y a plus de nouveaux conducteurs qui ont eu un premier accident pendant cette période.

#### 5.4.2. Comparaison des courbes de survie selon la catégorie d'âge

Dans cette section, nous voulons estimer les courbes de survie selon les catégories d'âge et comparer les délais de survenue du premier accident pendant la période probatoire selon ces catégories (figure 5.4).



**Figure 5.4** : Comparaison des fonctions de survie du délai de survenue du premier accident par catégorie d'âge, 2005-2014, Québec.

**Tableau 5.9** : Test d'égalité des fonctions de survie selon la catégorie d'âge

<b>Test d'égalité entre les strates (catégories)</b>			
<b>Test</b>	<b>khi-deux</b>	<b>d.l.</b>	<b>Pr &gt; khi-deux</b>
Log-Rank	1531,1300	2	<0,0001
Wilcoxon	1520,0483	2	<0,0001
-2Log(LR)	1636,1503	2	<0,0001

**Tableau 5.10** : Récapitulatif des fonctions de survie du délai de survenue du premier accident impliquant un nouveau conducteur âgé de 16 à 24 ans pendant sa période probatoire par catégories d'âge, 2005-2014, Québec. Source : données SAAQ

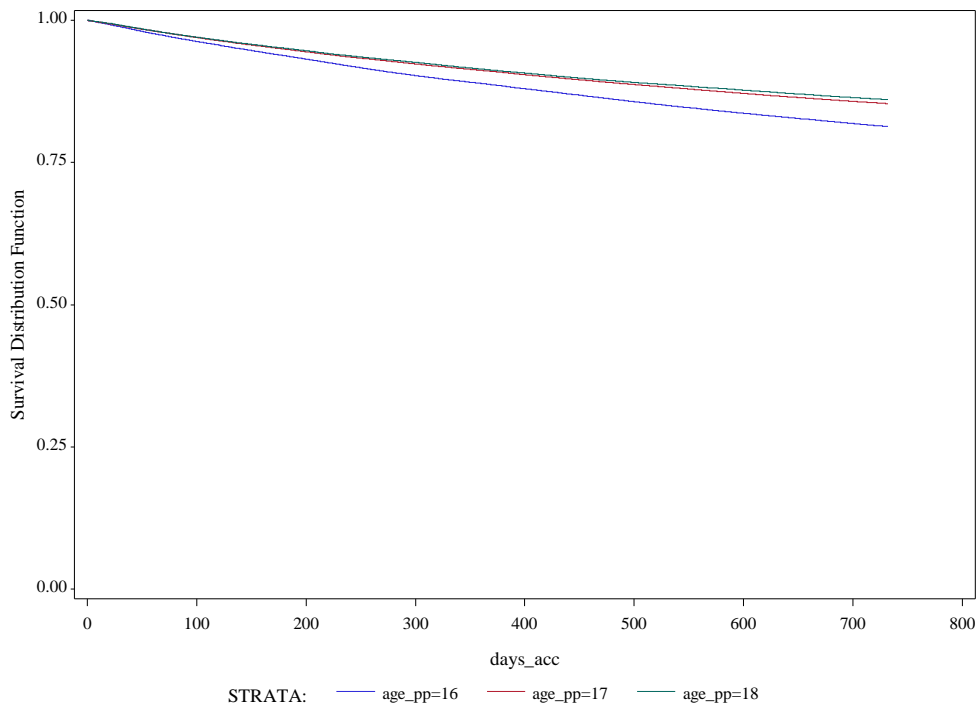
<b>Résumé du nombre de valeurs censurées et non censurées</b>					
<b>Strates</b>	<b>categorie_pp</b>	<b>Total</b>	<b>Accidents dans la période probatoire</b>	<b>Nombre d'observations censurées</b>	<b>Pourcentage de valeurs censurées</b>
1	16-18	489834	71204	418630	85,46
2	19-20	96538	11029	85509	88,58
3	21-24	78022	7728	70294	90,10
Total		664394	89961	574433	86,46

Au regard du tableau 5.9, nous constatons qu'il y a une différence significative entre les courbes de survie des différentes catégories d'âge à un seuil de 0,1 % d'après les tests log-rank et Wilcoxon généralisé.

D'après la figure 5.4 et le tableau 5.10, nous pouvons constater que les nouveaux conducteurs âgés de 16 à 18 ans pendant la période probatoire ont plus d'accidents que les autres groupes d'âge. En effet, environ 85 % des conducteurs âgés de 16 à 18 ans sont censurés ce qui signifie qu'environ 15 % de ces conducteurs ont eu un accident pendant les deux ans qui suivent l'obtention du permis probatoire. Ce groupe d'âge est plus affecté par un premier accident que les 19-20 ans et les 21-24 ans (respectivement 12 % et 10 % ont eu un accident pendant leur période probatoire).

### 5.4.3. Comparaison des courbes de survie entre les catégories 16, 17 et 18 ans

Après une comparaison des courbes de survie selon les différentes catégories d'âge dans la section précédente, nous allons porter une attention particulière aux différences entre les conducteurs de 16, 17 et 18 ans. En effet, la catégorie 16-18 ans étant la plus à risque, nous cherchons à estimer les différences à l'intérieur de cette catégorie en comparant les trois courbes de survie (figure 5.5).



**Figure 5.5 :** Comparaison des fonctions de survie du délai de survenue du premier accident entre les 16, 17 et 18 ans, 2005-2014, Québec.

**Tableau 5.11 :** Test d'égalité des fonctions de survie entre les 16, 17 et 18 ans

Test d'égalité entre les strates (catégories)			
Test	khi-deux	d.l.	Pr > khi-deux
Log-Rank	1159,9446	2	<0,0001
Wilcoxon	1108,4520	2	<0,0001
-2Log(LR)	1029,5556	2	<0,0001

**Tableau 5.12** : Récapitulatif des fonctions de survie du délai de survenue du premier accident impliquant un nouveau conducteur âgé de 16, 17 et 18 ans pendant sa période probatoire, 2005-2014, Québec.

Résumé du nombre de valeurs censurées et non censurées					
Strates	age_pp	Total	Accidents dans la période probatoire	Nombre d'observations censurées	Pourcentage de valeurs censurées
1	16	111448	20638	90810	81,48
2	17	277655	37499	240156	86,49
3	18	100731	13067	87664	87,03
Total		489834	71204	418630	85,46

Au regard du tableau 5.11, nous notons qu'il y a une différence significative entre les courbes de survie pour les 16,17 et 18 ans à un seuil de 0,1 % d'après les tests log-rank et Wilcoxon généralisé.

En observant la figure 5.5 et le tableau 5.12, nous observons que les nouveaux conducteurs âgés de 16 ans sont plus à risque que ceux de 17 et de 18 ans. En effet, d'après les résultats, environ 19 % des conducteurs âgés de 16 ans à l'obtention du permis ont eu un accident pendant leur période probatoire alors que ce chiffre descend à environ 14 % pour les 17 ans et environ 13 % pour les 18 ans. Nous pouvons observer une différence assez nette entre la courbe de survie des 16 ans et celles des 17 et des 18 ans.

#### 5.4.4. Modèle de Cox sur le délai de survenue du premier accident

Dans le tableau 5.14, nous présentons les résultats obtenus avec le modèle de Cox. La variable « days\_acc » est la variable dépendante tandis que les variables indépendantes sont celles utilisées dans les modèles de régression logistique sur le risque d'accident.

**Tableau 5.13** : Récapitulatif du nombre de nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans impliqués dans au moins un accident pendant sa période probatoire, 2005-2014, Québec.

Résumé du nombre d'événements et de valeurs censurées			
Total	Nombre d'événements	Censurés	Pourcentage de valeurs censurées
664394	89961	574433	86,46

**Tableau 5.14** : Modèle d'analyse de survie de Cox pour le délai de survenue du premier accident impliquant un nouveau conducteur âgé de 16 à 24 ans pendant sa période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance						
Paramètre		coefficient	écart-type	khi-deux	Pr > khi-deux	Ratio de risque
PHYS_SEXE	M	0,19105	0,00682	784,2810	<,0001	1,21
categorie_pp	16-18	0,46017	0,01218	1427,0466	<,0001	1,58
categorie_pp	19-20	0,18353	0,01485	152,8319	<,0001	1,20
echec_t		0,19199	0,00684	788,0652	<,0001	1,21
echec_p		0,02093	0,00765	7,4818	0,0062	1,02
Legis_2010		-0,40141	0,00820	2398,2292	<,0001	0,67
inf_acc		1,11544	0,00799	19513,3518	<,0001	3,05
pct_voit_prop	33	0,33957	0,01034	1079,0911	<,0001	1,40
pct_voit_prop	66	0,41072	0,01025	1606,9049	<,0001	1,51
pct_voit_prop	100	0,37943	0,00934	1651,2481	<,0001	1,46

Nous constatons que 86,46 % des conducteurs de notre base de données n'ont pas eu d'accident lors de l'ensemble de la période probatoire ou seulement pendant une période de la phase probatoire s'ils ne sont pas observés pendant vingt-quatre mois (tableau 5.13). À la lumière des résultats du modèle d'analyse de survie de Cox, nous constatons qu'ils confirment ceux trouvés lors des analyses avec les modèles de régression logistique. Toutes nos variables sont significatives à un seuil de 0,1 % à l'exception de la variable « echec\_p » qui est seulement significative à 1 %. La variable « inf\_acc » a toujours un fort impact dans la survenue d'un accident. Ainsi, un conducteur qui a eu une infraction au préalable a un risque trois fois plus élevé d'avoir un accident à tout moment de sa période probatoire, toutes choses étant égales par ailleurs. L'âge reste un facteur prépondérant dans l'analyse de la survenue du premier accident. En

effet, le risque d'avoir un accident augmente de 58,4 % pour un jeune conducteur de 16-18 ans par rapport à un conducteur de 21-24 ans. Donc à tout moment de leur période probatoire, les conducteurs les plus jeunes sont plus à risque d'avoir un accident que leurs aînés d'après ce modèle.

Le sexe et le fait d'avoir échoué au moins une fois l'examen théorique ont aussi un réel impact sur la survenue du premier accident, mais ont un effet moindre que les variables précédentes. En effet, le risque d'un conducteur de sexe masculin d'avoir un accident lors de la période probatoire est 1,21 fois celui d'une conductrice et le fait d'avoir échoué au moins une fois à l'examen théorique multiplie le risque d'accident par 1,21 également. Enfin, si le conducteur a eu sa formation après 2010 (avec cours obligatoires), le risque d'avoir un accident pendant sa période probatoire est environ divisé par 1,5 par rapport à celui qui a eu sa formation avant 2010.

Le modèle de Cox est un modèle à risque proportionnel qui présuppose que l'hypothèse des risques proportionnels soit satisfaite. Nous testons pour chaque covariable si son effet est indépendant du temps. Dans ce but, il a été créé des interactions entre chaque covariable et le logarithme de la fonction de la variable temporelle, à savoir dans ce cas, la variable « days\_acc » (Hosmer et al., 2008, pp 177-184). Ces variables ont été ajoutées au modèle initial pour former un nouveau modèle dans lequel la significativité de ces interactions nous renseigne sur la validité de l'hypothèse des risques proportionnels. En effet, si les interactions sont significatives, cela indique que l'hypothèse des risques proportionnels n'est pas satisfaite pour la covariable donnée, c'est-à-dire que son effet change avec le temps. L'inclusion de la variable d'interaction dans le modèle permet d'interpréter les paramètres en tenant compte du fait que l'influence de la covariable sur le niveau de risque n'est pas constante.

Les résultats de ce modèle sont présentés en annexes B.16. À la lumière de ces résultats, nous constatons que les variables d'interaction sont toutes significatives à un seuil de 5%, ce qui signifie que l'hypothèse des risques proportionnels n'est pas vérifiée pour le modèle de Cox développé ci-dessus dont on retrouve les résultats dans le tableau 5.14. Par conséquent, le modèle que nous avons conçu est partiellement inexact. Dans le cas

de modèles à risques aléatoires non proportionnels, plusieurs alternatives peuvent être avancées pour en tenir compte lors de l'analyse du modèle de Cox, comme l'inclusion d'une covariable dépendante du temps dans la modélisation, d'une stratification du modèle par une covariable qui a des risques non proportionnels, ou d'une modélisation par périodes de temps disjointes du modèle de Cox (Schemper, 1992). Ainsi, les modèles de régression logistique par périodes disjointes de six mois peuvent être une alternative appuyant les résultats obtenus par le modèle de Cox malgré le fait que l'hypothèse des risques proportionnels soit non vérifiée.

En guise de conclusion, nous pouvons montrer que les résultats obtenus par les différentes régressions logistiques par période de six mois et par l'analyse de survie présentent des similarités et des différences au niveau du risque d'accident durant la période probatoire. Au travers des deux analyses, nous constatons que certaines variables ont un impact semblable sur le risque d'accident. En effet, au regard de l'analyse de survie, les jeunes conducteurs entre 16 et 18 ans ont un risque d'accident accru (RR=1,58) par rapport aux 21-24 ans, ce qui est confirmé par les régressions logistiques par période de six mois (RC= 1,78 (0-6 mois), RC= 1,63 (6-12 mois), RC= 1,52 (12-18 mois), RC=1,53 (18-24 mois)). Le ratio de risque de l'analyse de survie est égal environ à la moyenne des rapports de cotes des quatre périodes de six mois des régressions logistiques pour la variable « categorie\_pp » pour les 16-18 ans. Ces constatations sont également valables pour les variables « echec\_t » et « legis\_2010 ».

En revanche, nous percevons des différences entre les deux analyses. En effet, l'analyse de survie donne un ratio de risque qui mesure le risque d'accident d'un conducteur à tout moment de la période probatoire, et qui par conséquent ne peut pas montrer une évolution au cours de la période probatoire, contrairement aux rapports de cotes des régressions logistiques. Ainsi, l'analyse de survie montre que les hommes ont un risque d'accident multiplié par 1,21 à tout moment de la phase probatoire par rapport aux femmes. À l'opposé, avec les régressions logistiques, nous percevons une diminution du rapport de cote entre la première période de six mois et la dernière période. En effet, les hommes et les femmes ont un risque d'accident qui converge au cours de la période avec



un risque quasiment égal entre le dix-huitième et le vingt-quatrième mois de la période probatoire (RC=1,07).

## 6. Discussion

Notre étude s'intéresse à la sécurité routière chez les jeunes conducteurs novices, un enjeu majeur au Québec. En effet, les jeunes sont très exposés aux accidents de la route, les 16-24 ans représentant 19 % des conducteurs impliqués dans un accident mortel en 2017 (ISQ, Banque de données). Selon les données de la SAAQ (2018), les jeunes conducteurs de 15-24 ans constituent 23,8 % des conducteurs décédés en 2017. De plus, le nombre de décès des jeunes conducteurs âgés de 16 à 24 ans a connu une augmentation en 2017 par rapport à 2016, avec 32,2 % de victimes supplémentaires dans les accidents de la route. La vitesse, la conduite imprudente et en particulier la nuit seraient des facteurs explicatifs d'une proportion importante de jeunes parmi les victimes de la route (OMS, 2004 ; Bellavance et al., 2005 ; OCDE, 2006 ; Bates et al., 2014).

Compte tenu de la gravité de ce problème, la formation des jeunes conducteurs novices et la réglementation routière les concernant ont beaucoup évolué au Québec depuis les années 2000. Nous avons mentionné dans les chapitres précédents quelques-unes des réformes principales : l'accès graduel à la conduite (1997), les cours obligatoires pour l'obtention du permis (2010) et des mesures sur la conduite de nuit et le nombre de passagers (2018). Ces différentes mesures ont à la fois cherché à sensibiliser et à mieux former les jeunes conducteurs par rapport aux comportements à risque (vitesse, usage d'alcool et drogue, etc.), ainsi qu'à diminuer leur exposition à des situations à risque (conduite de nuit, présences de jeunes passagers, etc.). Ces mesures se sont donc attaquées aux comportements à risque et aux situations à risque (Ouimet et Corado, 2015). Mais la route continue d'être responsable de trop d'accidents chez les jeunes conducteurs.

Si les jeunes conducteurs constituent en soi un groupe à risque élevé d'accident, une grande partie des jeunes conducteurs ne sont pas dangereux au volant. Sur la période 2005-2014, environ 85 % des jeunes âgés de 16 à 25 ans n'ont pas eu d'accident pendant

la période probatoire. Pour réduire le nombre d'accidents de jeunes conducteurs novices et le nombre de jeunes conducteurs novices tués sur la route, il est aussi nécessaire d'adopter une approche ciblée. Un dépistage des conducteurs à haut risque pourrait constituer une stratégie pertinente de lutte contre l'insécurité routière (Hirsch et Maag, 2001). Dans cette perspective, notre recherche consiste à caractériser le profil des jeunes conducteurs à haut risque d'accident et d'infraction pendant la période probatoire.

Cette période de deux ans est particulièrement à risque, car les titulaires du permis probatoire commencent à conduire sans être accompagnés, tout en étant soumis encore à certaines restrictions (tolérance zéro alcool, quatre points d'inaptitude, interdiction de conduite la nuit avec passagers depuis mai 2018). S'il permet aux conducteurs novices d'acquérir de l'expérience dans un cadre moins risqué, le permis probatoire les expose et expose les autres à un risque.

L'objectif de ce mémoire est d'évaluer dans quelle mesure certaines caractéristiques des conducteurs et de leur parcours de formation en sécurité routière permettent de déterminer le profil des conducteurs les plus à risque sur la route à des fins de dépistage.

Pour ce faire, nous avons analysé une importante base de données de la SAAQ de 680 206 nouveaux conducteurs qui ont eu leur permis probatoire avant 25 ans, et cela entre 2005 et 2014.

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'amélioration du bilan routier des jeunes conducteurs et s'interroge sur les profils les plus à risque pendant la période probatoire. Même si les causes de la sur-représentation des jeunes dans les accidents de la route sont assez bien connues, comme l'expérience, l'âge et le sexe du conducteur, l'identification précise des conducteurs à risque élevé nécessite encore d'être approfondie. Ce mémoire a visé à examiner précisément l'effet de facteurs à risque majeurs tels que l'âge au permis et le sexe, mais aussi l'historique de la conduite, l'expérience de conduite et le parcours de formation pour l'obtention du permis de conduire.

Nos résultats font tout d'abord valoir que l'âge au permis constitue un facteur clé pour expliquer le risque d'accident et d'infraction. Les conducteurs ayant obtenu leur permis probatoire entre 16 et 18 ans ont un risque plus élevé d'avoir au moins un accident pendant la période probatoire par rapport aux conducteurs ayant eu leur permis probatoire après 21 ans, et notamment durant le premier mois. Ce risque est presque deux fois plus élevé pendant le mois qui suit l'obtention du permis probatoire. De surcroît, parmi le groupe des plus jeunes, ce sont les 16 et les 17 ans qui sont le plus à risque. Ils ont respectivement 33 % et 18 % plus de risque d'avoir un accident que les conducteurs ayant eu leur permis à 18 ans dans ce premier mois. Même si le risque baisse pendant la deuxième année pour les plus jeunes, il demeure toujours plus élevé que pour ceux qui ont eu leur permis plus tardivement. L'effet d'âge persiste tout au long de la période probatoire.

Comme pour le risque d'accident, plus le conducteur a son permis à un jeune âge, plus le risque de commettre une infraction est important. L'âge est donc aussi un facteur déterminant pour expliquer le risque d'infraction. Toutefois, le sur-risque des plus jeunes ne baisse pas durant la période probatoire. Le risque de commettre une infraction est multiplié par environ plus de 1,5 fois pour les conducteurs ayant eu leur permis entre 16 à 18 ans par rapport à ceux qui l'ont eu entre 21 et 24 ans, quel que soit le moment de la période probatoire.

Le fait d'être très jeune à l'obtention du permis probatoire a donc un effet notable sur le risque d'avoir un accident ou de commettre une infraction pendant la période probatoire. Cela conforte le fait qu'à un plus jeune âge les conducteurs sont plus enclins à prendre des risques qu'une fois la vingtaine passée.

Nos résultats vont dans le même sens que ceux de Mayhew et al. (2003) qui ont mis en évidence en Nouvelle-Écosse de plus grands risques chez les 16-19 ans par rapport aux conducteurs novices de 20 et plus, notamment le premier mois après l'obtention de leur permis. Cette étude porte sur des données antérieures à la mise en place en 1994 d'un programme d'accès graduel à la conduite dans cette province du Canada. Un permis probatoire sans aucune restriction était délivré après le permis apprenti. Le risque était

maximal dans les premiers mois avant de diminuer fortement au cours des deux premières années de conduite, et notamment au cours des six premiers mois. Cela pouvait être dû à l'expérience et à l'augmentation de la maturité. Toutefois, dans leur étude, l'effet d'âge subsistait également sur les deux années qui suivaient l'obtention du permis.

Par ailleurs, le problème des jeunes conducteurs novices est en général aussi l'inexpérience. De nombreuses études ont montré que l'inexpérience expliquait une grande part des risques élevés chez les jeunes conducteurs novices (OCDE, 2006 ; Curry et al., 2015). En effet, de par l'inexpérience, les conducteurs sont moins aptes à percevoir les dangers, à maîtriser le véhicule et à prendre les décisions qui s'imposent.

Dans notre étude, l'expérience a été opérationnalisée par les données rendues disponibles par la SAAQ concernant la possession d'un véhicule pendant la phase probatoire. On suppose qu'un conducteur qui possède une voiture est plus susceptible de conduire régulièrement. Mais l'interprétation des résultats est complexe, car se mêlent des effets liés à l'expérience de conduite avec ceux liés à une plus forte exposition au risque. Nous avons noté qu'un conducteur qui a été propriétaire d'un véhicule pendant toute la période probatoire est plus susceptible d'avoir été impliqué dans un accident ou de commettre une infraction qu'un conducteur qui a été propriétaire pour une portion de la période de conduite avec un permis probatoire ou pas du tout propriétaire. Ce risque est fortement accru pendant la première année de la phase probatoire. On peut faire l'hypothèse qu'un conducteur qui a une voiture à sa disposition est plus fortement exposé aux risques routiers. Mais la deuxième année, le risque d'accident ou d'infraction chez ces conducteurs a fortement diminué. L'expérience de conduite serait, entre autres, une des hypothèses expliquant la diminution du risque. Ainsi, on peut penser que pendant la première année, une plus grande exposition fait augmenter le risque d'accident ou d'infraction, puis l'expérience de conduite acquise sur cette période fait diminuer le risque.

Tous nos résultats concordent pour confirmer une certaine efficacité en termes de réduction d'accident et d'infraction de la réforme de 2010. La formation théorique et

pratique obligatoire mise en place depuis 2010 a eu des effets positifs en baissant le risque d'accident et d'infraction pendant les deux ans de la période probatoire. Les effets d'une bonne formation jouent durablement sur les risques qu'encourent les jeunes conducteurs novices.

Il n'en reste pas moins que la surreprésentation des jeunes dans les accidents de la route au Québec demeure un problème grave. Pour réduire le nombre de jeunes conducteurs novices impliqués dans des accidents, une approche ciblée pourrait être envisagée (Hirsch et Maag, 2001), en autres en s'appuyant sur l'outil de sélection qu'est l'examen théorique du permis probatoire.

Comme nous l'avons détaillé dans le premier chapitre, le permis probatoire au Québec comporte une épreuve théorique et une épreuve pratique. Les examens du permis de conduire constituent un outil important pour évaluer si les objectifs de formation sont atteints. Toutefois, nous observons dans notre base de données que près de 40 % des conducteurs de 16-24 ans ont échoué au moins une fois à l'examen théorique et qu'environ 25 % ont échoué au moins une fois à l'examen pratique avant d'obtenir leur permis probatoire. Ainsi, c'est surtout l'examen théorique qui pose des difficultés à un grand nombre de conducteurs novices. Du reste, nos résultats font valoir que le fait d'avoir échoué au moins une fois à l'examen théorique a un effet sur le risque d'avoir un accident ou de commettre une infraction, notamment pendant les six premiers mois de la période probatoire. Par contre, l'échec à l'épreuve pratique n'a aucun effet significatif sur le risque d'accident ou d'infraction du jeune conducteur novice. L'épreuve pratique rend peut-être davantage compte d'un « savoir-faire » permettant la maîtrise du véhicule qu'un « savoir-être » pour conduire prudemment.

La réussite à l'examen théorique devrait distinguer les conducteurs conduisant dans l'avenir de façon sécuritaire en respectant le Code de la route de ceux qui ne le feront pas. Dans cet esprit, on peut aussi penser que ceux qui n'ont pas réussi du premier coup l'examen théorique ont eu plus de difficulté dans l'apprentissage du programme d'éducation à la sécurité routière ou dans la volonté de suivre cette réglementation. Nos résultats montrent qu'un jeune conducteur ayant un parcours de formation avec un ou

plusieurs échecs à l'examen théorique a un risque accru d'accident pendant les six premiers mois (36 % de plus) de la période probatoire, et notamment pendant le premier mois (47 % de plus). Le risque d'accident va diminuer au cours de la période probatoire. De surcroît, il a également un risque majoré d'infraction (environ 50 % de plus) qui se maintient durant toute la période probatoire.

Des facteurs tels que l'expérience de conduite ou la maturité du conducteur pourraient atténuer un peu le handicap initial lié à l'échec à l'examen théorique. Toutefois, au regard du risque notable d'infraction, le jeune conducteur novice qui a eu des difficultés à réussir son examen théorique est plus susceptible d'être irrespectueux du Code de la route. Il serait intéressant dans de futures recherches de chercher à comprendre comment ce facteur intervient dans le risque d'accident et d'infraction. Quels sont les éléments qui expliquent qu'un conducteur apprenti ayant échoué au moins une fois à l'examen théorique a un risque accru d'accident pendant les premiers mois de la période probatoire malgré l'obtention de son permis ?

De manière analogue à d'autres recherches (OCDE, 2006), nous avons trouvé que les six premiers mois de conduite, après l'obtention du permis probatoire, constituent une période à risque élevé d'accident. Tout comme Mayhew et al. (2003), nous avons montré qu'il existait des risques majorés chez les jeunes conducteurs novices le premier mois après l'obtention du permis probatoire.

De manière générale, toutes les variables de notre modèle ont des effets plus importants sur le risque d'accident et d'infraction dans les six premiers mois de la phase probatoire, et surtout le premier mois. Le risque d'accident très élevé des conducteurs novices diminue au cours de la période probatoire. La période des six premiers mois après l'obtention du permis probatoire est la période la plus à risque pour tous les groupes d'âge en raison entre autres du manque d'expérience et de compétences insuffisamment mises en œuvre des conducteurs novices.

En analysant mois par mois les six premiers mois de la phase probatoire, on observe que le premier mois est le plus à risque pour les conducteurs ayant eu leur permis entre 16

et 18 ans, de même que pour les conducteurs ayant échoué au moins une fois à l'examen théorique. Chez les jeunes conducteurs âgés de 16 à 18 ans, le risque d'accident va baisser le deuxième mois pour rester assez stable jusqu'au sixième mois. Nous observons la même tendance pour les conducteurs novices plus âgés (19-20 ans). Tout au long des six premiers mois, les 16-18 ans ont un risque élevé et majoré par rapport aux autres groupes d'âge. L'effet d'âge persiste pendant cette période et l'expérience acquise n'a pas encore eu suffisamment d'impact sur la réduction du risque. L'effet de la performance à l'examen théorique est majoré au premier mois, mais reste important pendant les six premiers mois de la phase probatoire. Enfin, les jeunes hommes sont plus à risque par rapport aux jeunes femmes sur l'ensemble des six premiers mois de la période probatoire.

De surcroît, le sexe reste un facteur à ne pas négliger dans l'explication du risque d'accident et d'infraction. Nos résultats montrent que les jeunes hommes sont beaucoup plus à risque de commettre une infraction (2,22 fois plus) que les jeunes femmes pendant la période probatoire alors qu'ils le sont un peu moins au regard des accidents (1,20 fois plus). Nous constatons que l'écart entre les jeunes hommes et les jeunes femmes, relativement aux risques d'accident, diminue tout au long de la période probatoire pour devenir quasiment négligeable à la fin de celle-ci. Par contre, les jeunes hommes ont un risque fortement majoré de commettre une infraction par rapport aux jeunes femmes pendant toute la période probatoire. Les jeunes hommes semblent moins respectueux des règles du Code de la route que les jeunes femmes.

Enfin, le risque d'un accident est plus important si le conducteur a commis une infraction préalablement. Cela peut indiquer le comportement risquophile du conducteur.

Les conclusions de cette étude doivent être resituées par rapport à certaines contraintes et limites. Le risque d'accident et d'infraction chez les jeunes implique une multitude de facteurs. Or nous n'avons pas pris en compte tous les facteurs responsables d'accidents chez les jeunes. Dans des études plus approfondies, il serait pertinent de compléter nos résultats en identifiant les profils des jeunes conducteurs qui s'adonnent à la vitesse, à l'alcool ou à la drogue, par exemple.



Dans la détermination des profils à risque d'accident, il aurait été intéressant de rendre compte des conditions de l'accident et des responsabilités des conducteurs impliqués. Or, les données sur lesquelles nous avons travaillé ne nous ont pas permis d'établir la responsabilité des conducteurs impliqués dans un accident. Il peut être parfois difficile d'imputer la responsabilité sur un seul conducteur lors d'un accident. Pour les accidents à un seul véhicule, il paraît assez clair que la responsabilité revient au conducteur. Pour les accidents à deux véhicules ou plus, nous n'avons pas d'information sur la responsabilité dans la base de données. Néanmoins, même si en général un des conducteurs est responsable, nous pouvons supposer que les autres conducteurs impliqués ont probablement aussi une certaine part de responsabilité. Dans de futures recherches sur cette question, il serait intéressant de prendre en compte la responsabilité du conducteur, si connue, pour mieux préciser les facteurs de risque d'accident.

L'inexpérience des jeunes conducteurs novices explique une part des niveaux élevés de risque. Or nous n'avons pas pu nous appuyer sur des mesures précises rendant compte de l'expérience de conduite. Nous avons utilisé une variable qui détermine le pourcentage de temps au cours de la période probatoire où le conducteur a été propriétaire d'un véhicule. L'hypothèse sous-jacente était que si un conducteur était propriétaire d'un véhicule, il était plus susceptible de conduire régulièrement. Par ailleurs, plus il avait détenu longtemps un véhicule, plus il avait acquis de l'expérience de conduite. Pour autant, d'autres situations ont pu permettre à de jeunes conducteurs d'acquérir de l'expérience, sans qu'on puisse les identifier. Il est en effet impossible de disposer de données sur le nombre d'heures de conduite effectuées pendant la période probatoire, mais il aurait été intéressant de disposer de données sur le nombre d'heures de conduite effectuées pendant la phase apprentie.

Les interprétations du modèle de Cox sont à prendre avec précaution. En effet, l'hypothèse des risques proportionnels n'est pas vérifiée. Néanmoins, les analyses qui découlent des régressions logistiques par période de temps est une façon de tenir compte de la non proportionnalité des risques du modèle de Cox.

Pour approfondir les analyses faites dans ce mémoire, il serait intéressant de recourir à une analyse de données longitudinales qui permettrait de suivre les nouveaux conducteurs tout au long de leur période probatoire. Ce modèle de données à mesures répétées est possible étant donné que nous avons construit les variables dépendantes pour chaque conducteur à intervalle de six mois durant sa période probatoire et que nous avons déterminé sur chaque période de six mois si le conducteur avait eu au moins un accident ou une infraction. Il faudrait considérer que ces données relatives aux conducteurs sont possiblement corrélées entre elles. En effet, les données longitudinales sont caractérisées par une corrélation entre les observations répétées au cours du temps pour chaque individu. Enfin, ce modèle de données à mesures répétées permettrait de tester si le risque est significativement plus faible pour la dernière période de six mois de la phase probatoire par rapport à la première.

# Conclusion

Cette recherche s'inscrit dans le cadre de la lutte contre les facteurs spécifiques sous-jacents au risque sur la route des jeunes conducteurs novices pendant la période probatoire. Nous avons vu que cette lutte pourrait recourir à des mesures de dépistage des conducteurs à haut risque afin de renforcer leur responsabilisation et de les sensibiliser davantage à la sécurité routière de façon préventive.

Cette étude s'est appuyée sur une base de données exhaustive de la SAAQ portant sur l'ensemble des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans ayant obtenu leur permis probatoire entre 2005 et 2014. Nos résultats ont permis de mieux comprendre les profils à risque d'accident et d'infraction chez ces jeunes conducteurs novices au Québec. Le grand nombre de données de notre base a permis de renforcer la validité de nos résultats. Ces derniers ont notamment réitéré l'effet de l'âge au permis sur le risque d'accident et d'infraction pendant la période probatoire, et notamment dans les premiers mois. Lors de la réforme en 2010 introduisant les cours obligatoires, l'obtention du permis probatoire avait été repoussée d'un an, passant de 16 à 17 ans. Néanmoins, nos résultats ont fait valoir que, parmi les jeunes, ce sont les 16-17 ans qui sont le plus à risque, et en particulier lors de la première année du permis probatoire. Cette question mériterait d'être approfondie afin de proposer aux pouvoirs publics de retarder l'obtention du permis probatoire. Cette mesure pourrait contribuer à diminuer le risque d'accident dans ce groupe d'âge au cours du premier mois et des six premiers mois de la période probatoire.

De surcroît, le parcours de formation au permis probatoire avec son examen théorique se présente également comme un outil intéressant de dépistage des conducteurs à risque élevé. Même s'il est vrai que tous les conducteurs présents dans notre base de données ont réussi leur examen théorique, il n'en demeure pas moins vrai que les conducteurs qui ont échoué au moins une fois à cet examen ont un sur-risque d'accident pendant les premiers mois de la période probatoire. De nouvelles recherches seraient

nécessaires pour comprendre le rôle de ce facteur dans le risque d'accident et d'infraction et expliquer les éléments en jeu. Des recherches sur l'impact du score précis de l'examen théorique sur le risque d'accident seraient également intéressantes à creuser.

Néanmoins, quelques mesures résultant de notre recherche pourraient être intéressantes. À l'heure actuelle, un apprenti conducteur qui échoue à l'examen théorique a la possibilité de le repasser vingt-huit jours après cet échec. Le délai pour reprendre cet examen est court. Les autorités publiques pourraient demander, suite à l'échec de l'examen théorique, que le conducteur poursuive une formation complémentaire visant à mieux le sensibiliser et le responsabiliser aux risques de la route. Au vu de nos résultats montrant l'effet de l'échec à l'examen théorique, il est probable que ces apprentis conducteurs n'ont pas correctement assimilé, même après l'obtention du permis probatoire, le programme d'éducation à la sécurité routière et le « savoir-être » qui en découle.

# Bibliographie

Alberti, C., Timsit, J. F., & Chevret, S. (2005). Analyse de survie : comment gérer les données censurées ? : Méthode de Kaplan-Meier. *Revue des maladies respiratoires*, 22(2), 333-337.

Allison, P. D. (2010). *Survival analysis using SAS: a practical guide*. Sas Institute.

Aminot, I. & Damon, M.N. (2002). Régression logistique : intérêt dans l'analyse de données relatives aux pratiques médicales. *Revue médicale de l'Assurance Maladie*, volume 33 n° 2.

Assailly, J.P. (2016). Comment appliquer la matrice GDE ? Quelles adaptations aux facteurs de risque d'accident des jeunes conducteurs novices ? *Recherche Transport Sécurité*, NecPlus, 2017, Formation à la conduite, 2016 (01-02), 69–80.

Bates, L. J., Davey, J., Watson, B., King, M. J. & Armstrong, K. (2014). Factors Contributing to Crashes among Young Drivers. *Sultan Qaboos Univ Med J.*, Aug. 14(3), e297–e305.

Béliveau, J. & Gendreau, M. (2018). *Assessment of the Road Safety Education Program (RSEP) and the New Graduated Licensing Measures for New Drivers of Passengers Vehicles. Effects on the Road Safety Record*. SAAQ.

Bellavance, F. (2006). *Les nouveaux conducteurs, profil, prise de risque, évaluation des compétences et tests : rapport final*. Université de Montréal, Centre de recherche sur les transports, Laboratoire sur la sécurité des transports.

Bouyer, J. (2012). *La régression logistique en épidémiologie*. Master. Épidémiologie quantitative, M2 recherche en Santé publique, Universités Paris V, XI, XII, Versailles Saint-Quentin.

Curry, A. E., Pfeiffer, M. R., Durbin, D. R. & Elliott, M. R. (2015). Young driver crash rates by licensing age, driving experience, and license phase. *Accident Analysis & Prevention*, 80, 243-250.

Dussault, C. (2000). Le nouveau système d'accès graduel à la conduite au Québec fondements et résultats préliminaires. *Recherches-Transports-Sécurité*, vol. 67, 7–18.

El Sanharawi, M. & Naudet, F. (2013). Comprendre la régression logistique. *Journal français d'ophtalmologie*, 36, 710 – 715.

Ferguson, S.A. (2003). Other high-risk factors for young drivers—how graduated licensing does, doesn't, or could address them. *Journal of Safety Research*, 34, 71–77.

Hirsch, P. & Maag, Urs. (2001). Challenges in screening for high risk adolescent drivers. *Actes de la XIIIe Conférence canadienne multidisciplinaire en sécurité routière*, 10–13 juin 2001, London, Ontario.

Hosmer, D.W. & Lemeshow, S. (2000). *Applied logistic regression*. John Wiley & sons, Inc., Canada.

Hosmer, D.W., May, S., & Lemeshow, S. (2008). *Applied survival analysis: regression modeling of time-to-event data*.

Institut de la statistique du Québec (ISQ). Banque de données des statistiques officielles sur le Québec, disponible sur:

[http://www.bdso.gouv.qc.ca/pls/ken/ken213\\_afich\\_tabl.page\\_tabl?p\\_iden\\_tran=REPER10KDM641145429240202C`MNF&p\\_lang=1&p\\_m\\_o=SAAQ&p\\_id\\_ss\\_domn=718&p\\_id\\_raprt=3369](http://www.bdso.gouv.qc.ca/pls/ken/ken213_afich_tabl.page_tabl?p_iden_tran=REPER10KDM641145429240202C`MNF&p_lang=1&p_m_o=SAAQ&p_id_ss_domn=718&p_id_raprt=3369)

Jonah, B. A. (1986). Accident risk and risk-taking behaviour among young drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 18(4), 255-271.

Kofi Adanu, E., Penmetsa, P., Jones, S. & Smith, R. (2018). Gendered Analysis of Fatal Crashes among Young Drivers in Alabama, USA. *Safety*, 2018, 4(3), 29.

Laporte, S. (2007). Comment lire une courbe de survie?. *MT. Médecine thérapeutique*, 13(4), 287-292.

Long, S. J., Long, J. S. & Freese, J. (2006). *Regression models for categorical dependent variables using Stata*. Stata press.

Mayhew, D.R., Simpson, H. M. & Pak, A. (2003). Changes in Collision Rates Among Novice Drivers During the First Months of Driving. *Accident, Analysis & Prevention*, vol. 35, n° 5, 2003, 683-691.

McCartt, A.T., Mayhew, D.R., Braitman, K.A., Ferguson, S.A. & Simpson, H.M. (2009). Effects of age and experience on young driver crashes: review of recent literature. *Traffic Injury Prevention*, June 2009, 10(3), 209-19.

Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (2006). Jeunes conducteurs. La voie de la sécurité. Conférence européenne des ministres des Transports.

Organisation mondiale de la santé (OMS). (2004). « Facteurs de risque », in *Rapport mondial sur la prévention des traumatismes dus aux accidents de la circulation*. Chapitre 3, 40p.

Organisation mondiale de la santé (OMS). (2007). *Les jeunes et la sécurité routière*, 49p.

Organisation mondiale de la santé (OMS). (2011). *Plan mondial pour la Décennie d'action pour la sécurité routière 2011-2020*, 2011.

Organisation mondiale de la santé (OMS). (2018). <http://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>, février 2018.

Ouimet, M.C., Pradhan, A.K., Brooks-Russell, A., Ehsani, J. P., Berbiche, D. & Simons-Morton B.G. (2015). Young drivers and their passengers: A systematic review of epidemiological studies on crash risk. *Journal of Adolescent Health*, 2015. 57(1 Suppl): S24-35.

Ouimet, M. C. & Corado, L. (2015). *Prévenir les comportements à risque chez les jeunes conducteurs*. Mémoire sur le renouvellement de la politique québécoise de la jeunesse, remis au Secrétariat de la jeunesse, 1<sup>er</sup> octobre 2015.

Prato, G., Toledo, T., Lotan, T. & Taubman-Ben-Ari, O. (2010). Modeling the behavior of novice young drivers during the first year after licensure. *Accident Analysis and Prevention* 42(2), 480-486.

Rimmer, J., Lund, V. J., Beale, T., Wei, W. I., & Howard, D. (2014). Olfactory neuroblastoma: a 35-year experience and suggested follow-up protocol. *The Laryngoscope*, 124(7), 1542-1549.

Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). (2012). *Programme d'éducation à la sécurité routière. Pour une nouvelle génération de conducteurs*. 24p.

Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). (2014). *Profil détaillé des faits et des statistiques touchant la distraction au volant*, juin 2014.

Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). (2017a). *Bilan routier 2017*, Société de l'assurance automobile du Québec.

Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). (2017b). *Données et statistiques 2017*, Société de l'assurance automobile du Québec

Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). (2017c). *Bilan 2016 : accidents, parc automobile et permis de conduire. Dossier statistique*. Juillet 2017.

Société de l'assurance automobile du Québec. (2018). *Le Bilan 2017 Dossier statistique : accidents, parc automobile et permis de conduire*, SAAQ, août 2018.

Schemper, M. (1992). Cox analysis of survival data with non-proportional hazard functions. *The Statistician*, 455-465.

Schoenfeld, D. (1982). Partial residuals for the proportional hazards regression model. *Biometrika*, 69(1), 239-241.

Shope, J. T. (2007). Graduated driver licensing: Review of evaluation results since 2002. *Journal of Safety Research*, 38, 165–175.



Tardif, F. (2015). *Les infractions et les sanctions reliées à la conduite d'un véhicule routier 2005-2014*. Rapport préparé par la Direction de la recherche et du développement de la sécurité routière, SAAQ.

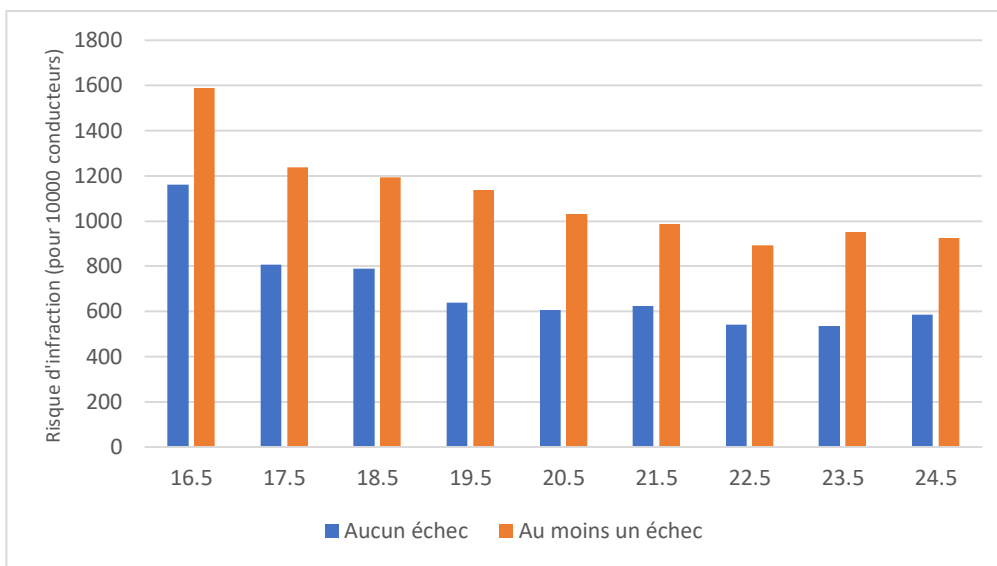
Williams, A.F. (2003). Teenage drivers: patterns of risk. *Journal of Safety Research*, 34, 5-15.

Williams, A.F. (2006). "Young driver risk factors: successful and unsuccessful approaches for dealing with them and an agenda for the future", in *Injury Prevention*, 2006, Jun 12(Suppl 1): 14-18.

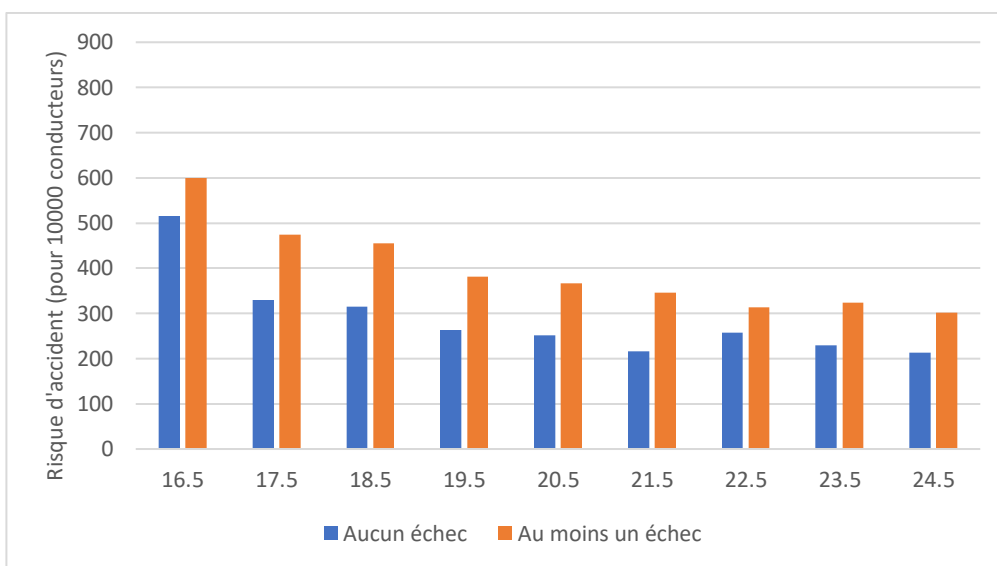
Williamson, A. (2003). *Why are Young Drivers Over Represented in Crashes: Summary of the Issues - Update of Literature Review: Literature 2000 to 2003*, édité par NSW Injury Risk Management Research Centre, University of New South Wales, 2003.

# Annexes

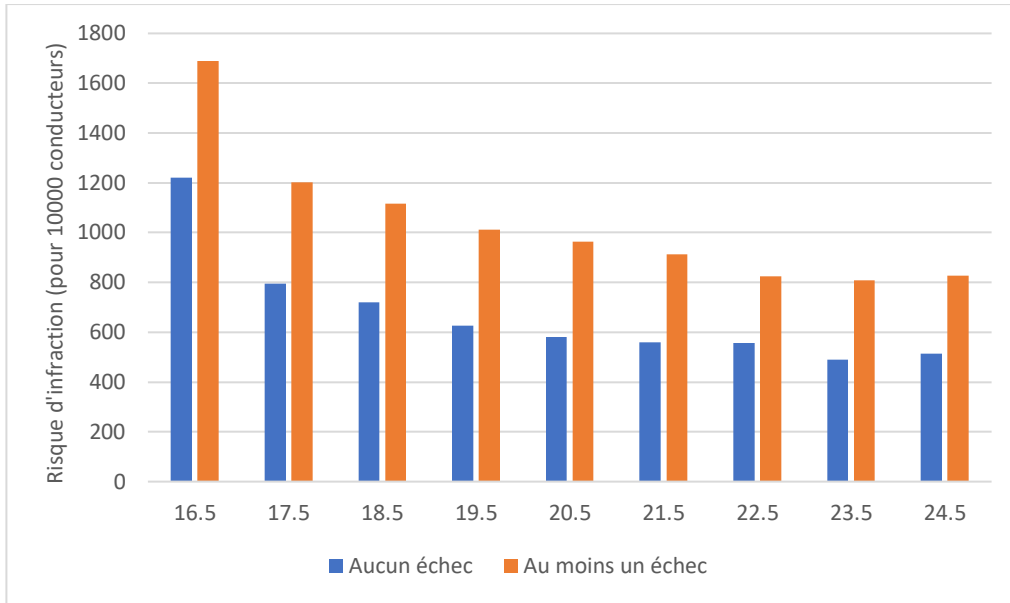
## A. Analyses descriptives



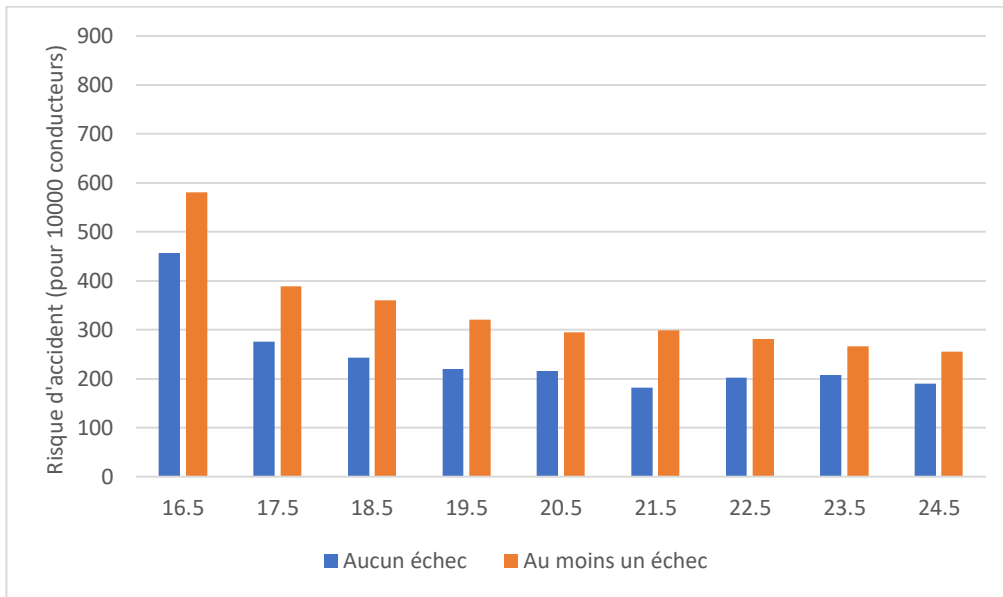
**Figure A.1 :** Risque d'infraction selon l'âge entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014



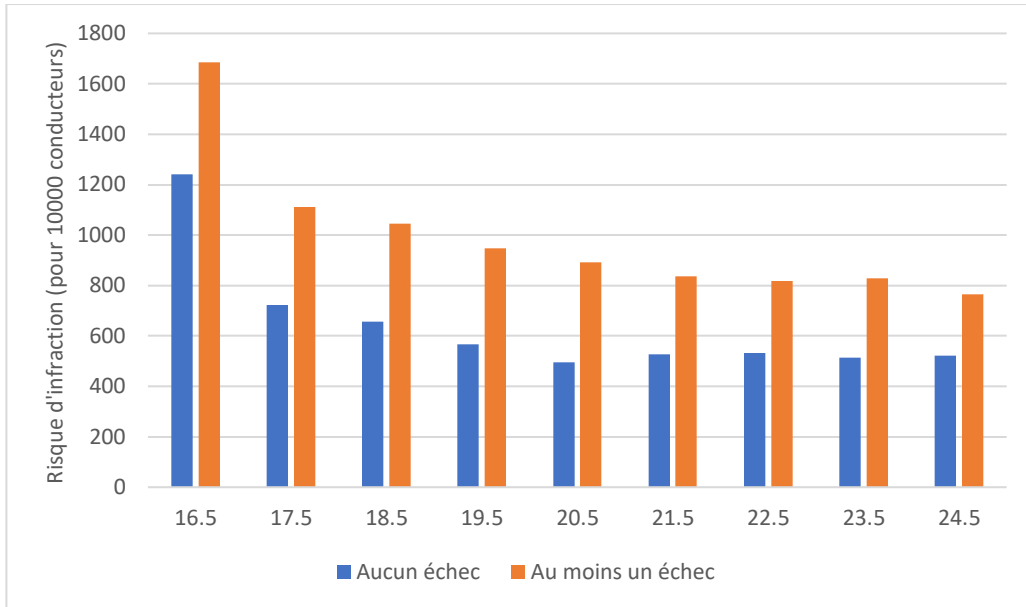
**Figure A.2 :** Risque d'accident selon l'âge entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014



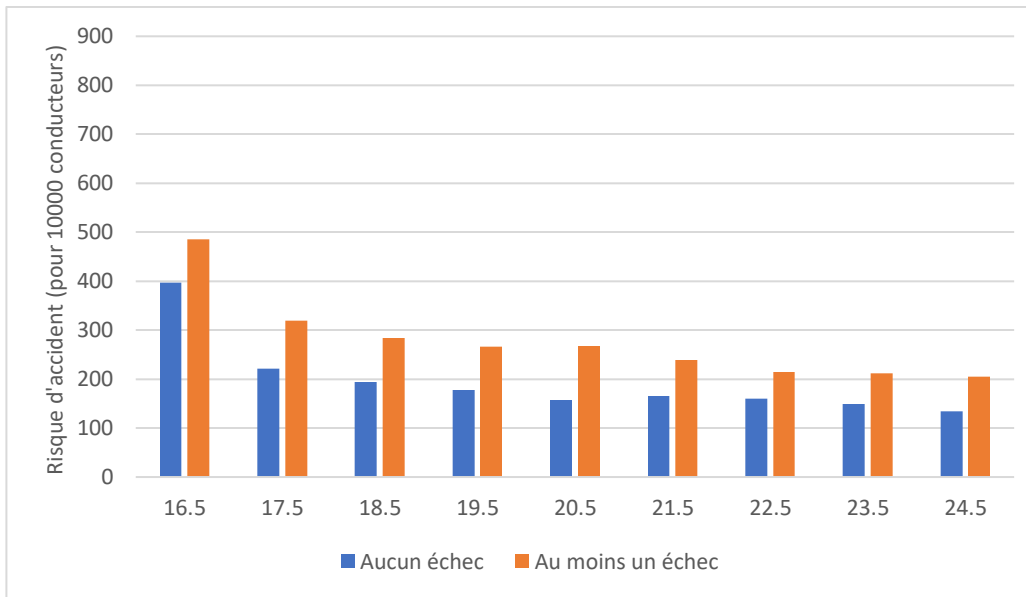
**Figure A.3 :** Risque d'infraction selon l'âge entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014



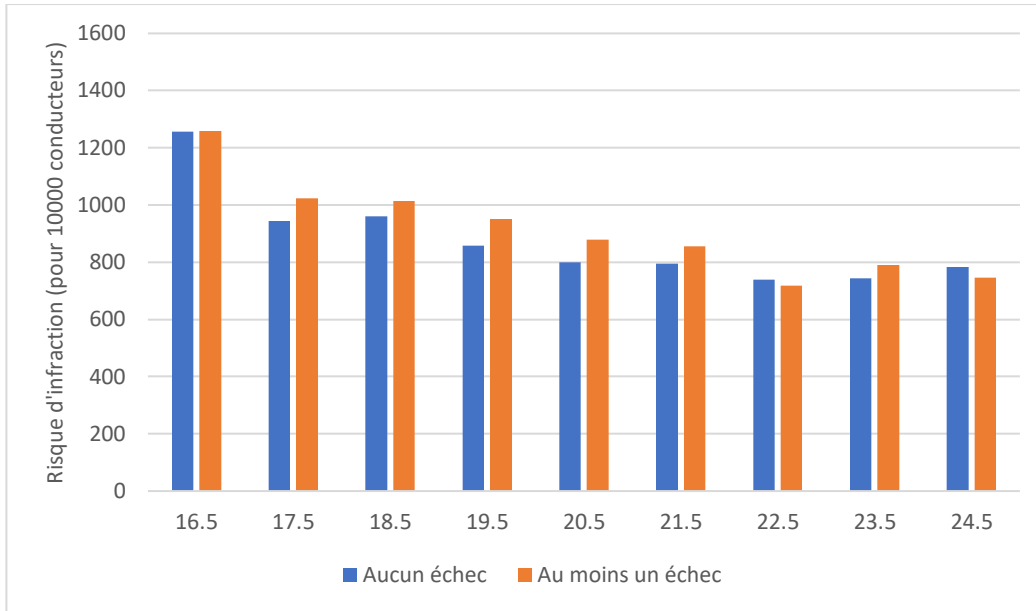
**Figure A.4 :** Risque d'accident selon l'âge entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen théorique, Québec, 2005-2014



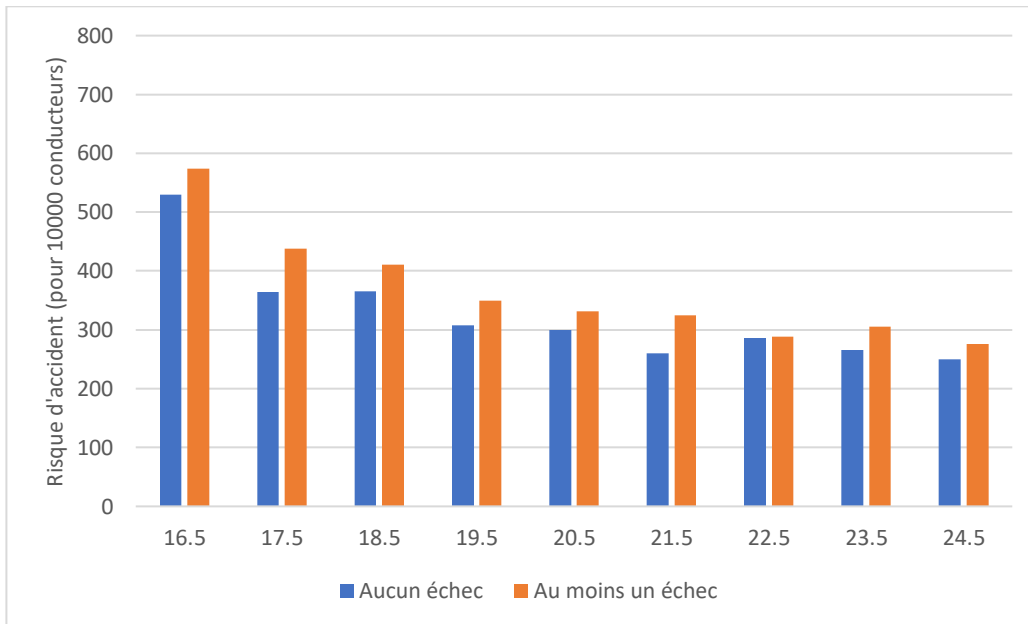
**Figure A.5 :** Risque d’infraction selon l’âge entre le dix-huitième mois et le vingt-quatrième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l’examen théorique, Québec, 2005-2014



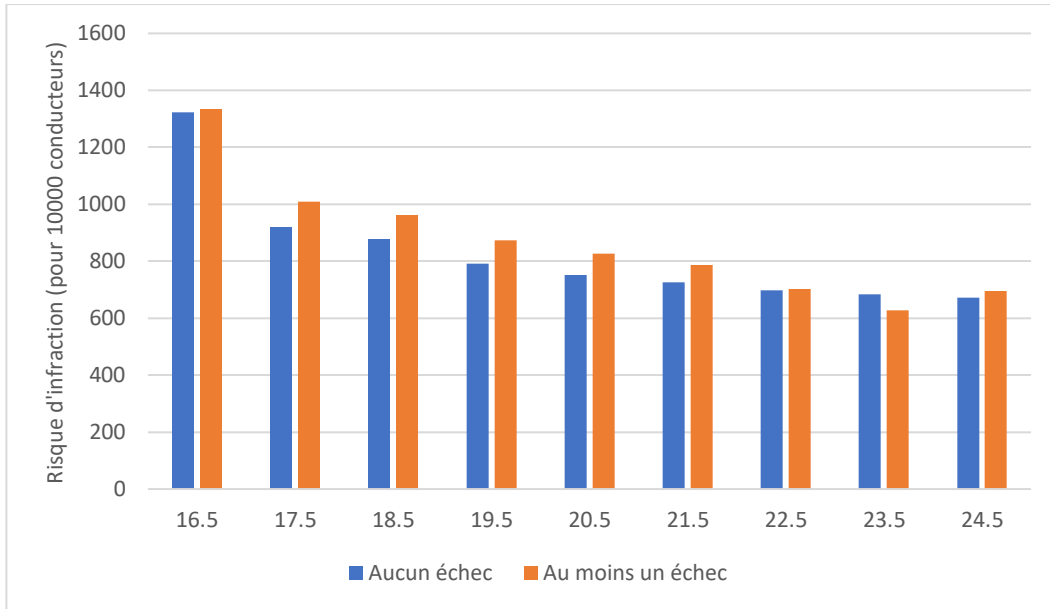
**Figure A.6 :** Risque d’accident selon l’âge entre le dix-huitième mois et le vingt-quatrième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l’examen théorique, Québec, 2005-2014



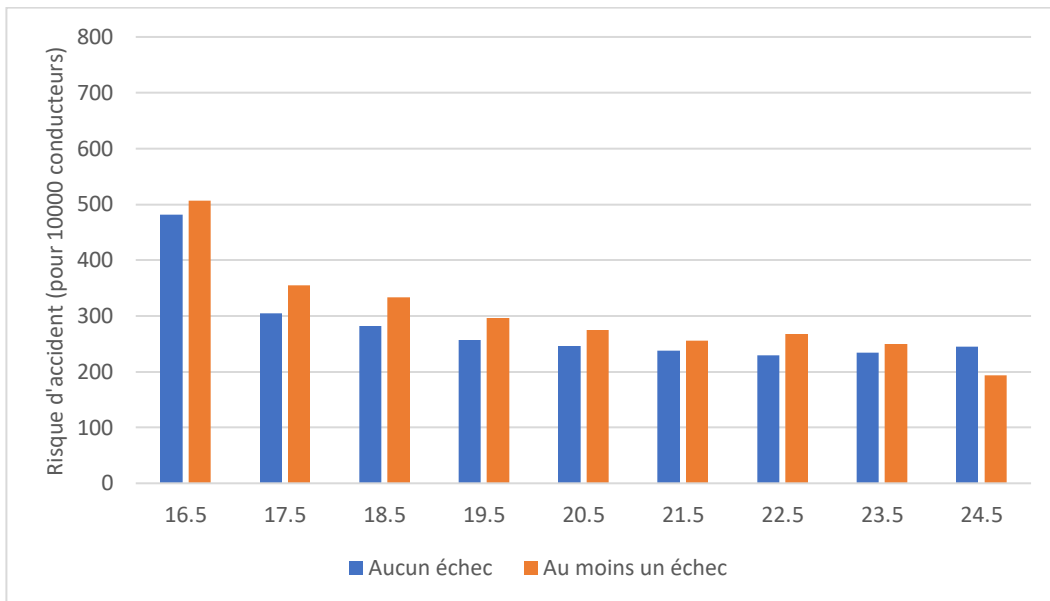
**Figure A.7 :** Risque d'infraction selon l'âge entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014



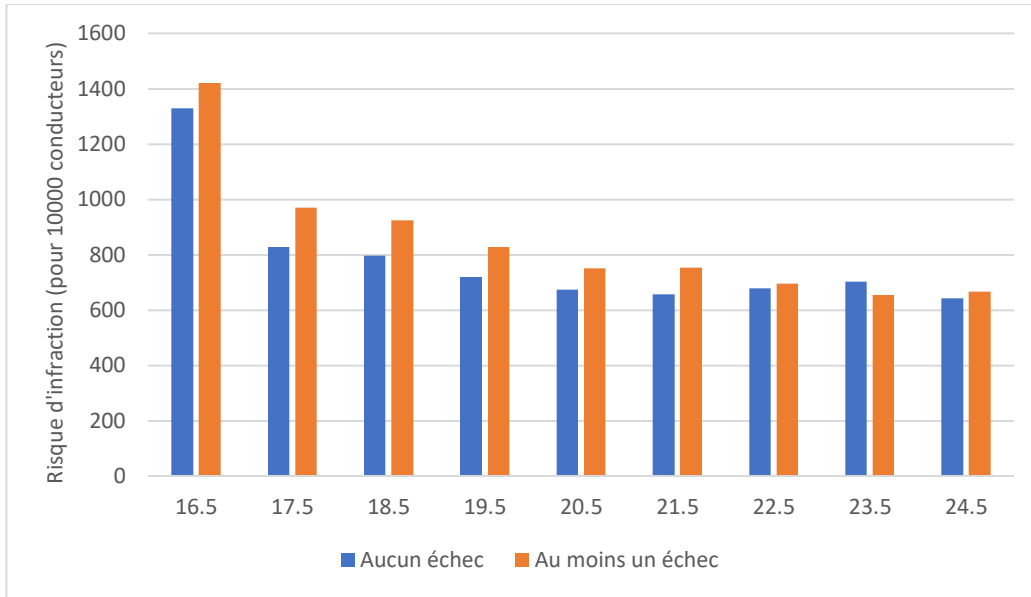
**Figure A.8 :** Risque d'accident selon l'âge entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014



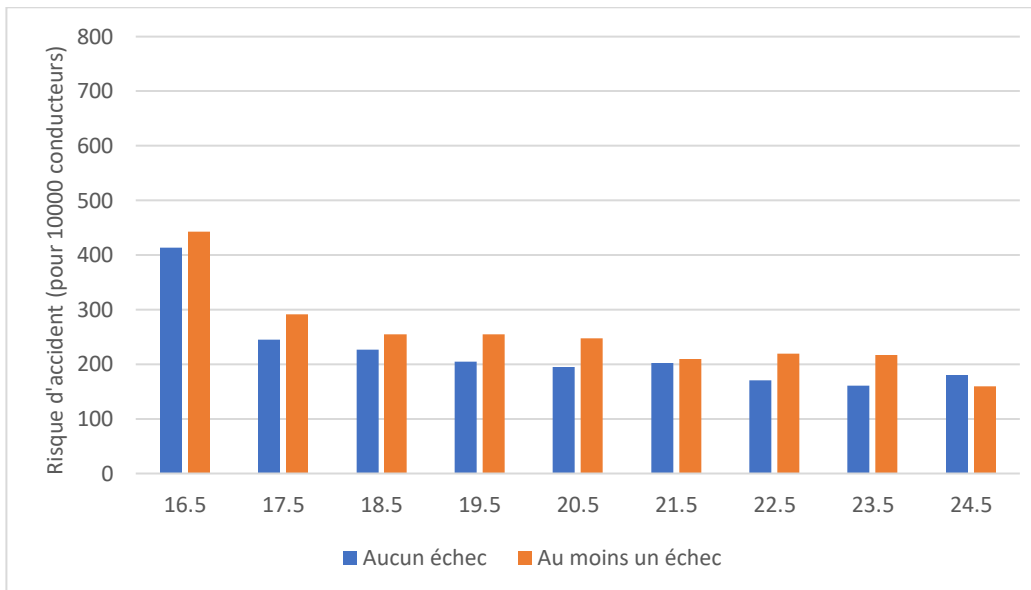
**Figure A.9 :** Risque d'infraction selon l'âge entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014



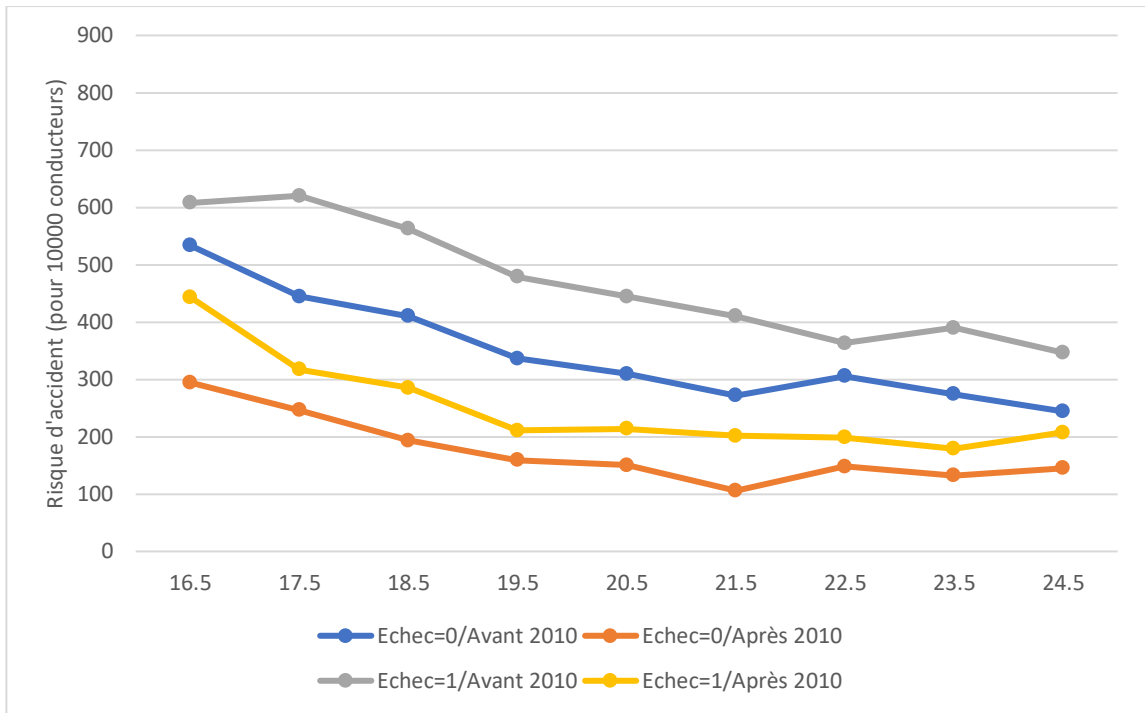
**Figure A.10 :** Risque d'accident selon l'âge entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014



**Figure A.11** : Risque d'infraction selon l'âge entre le dix-huitième et le vingt-quatrième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014

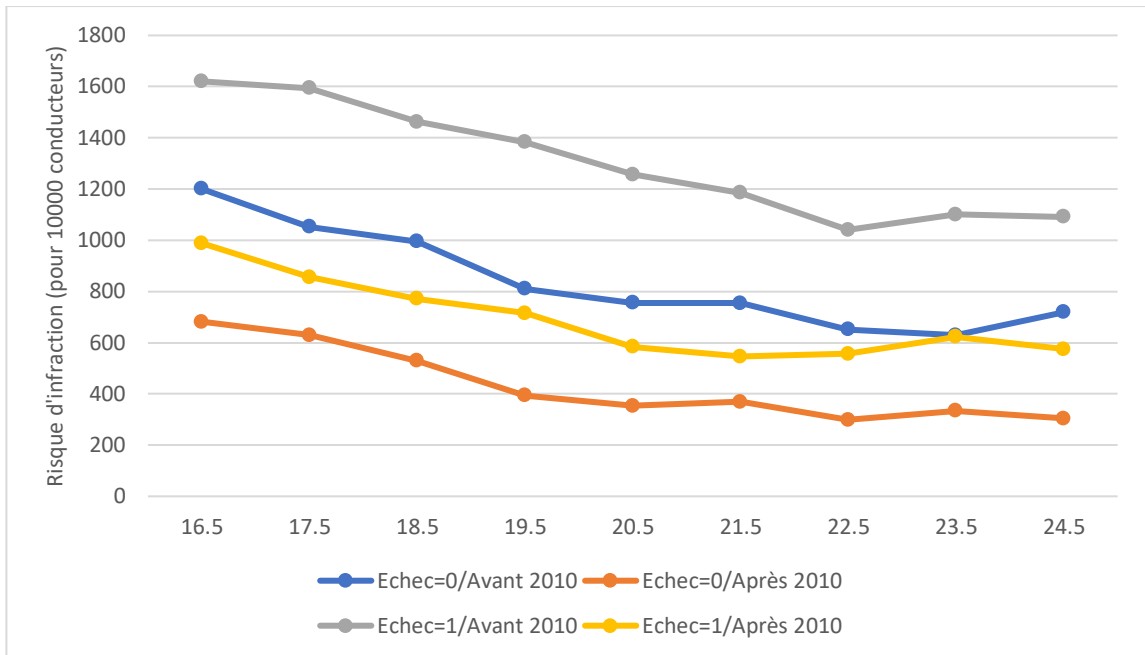


**Figure A.12** : Risque d'accident selon l'âge entre le dix-huitième et le vingt-quatrième mois de la période probatoire selon la réussite au premier essai à l'examen pratique, Québec, 2005-2014

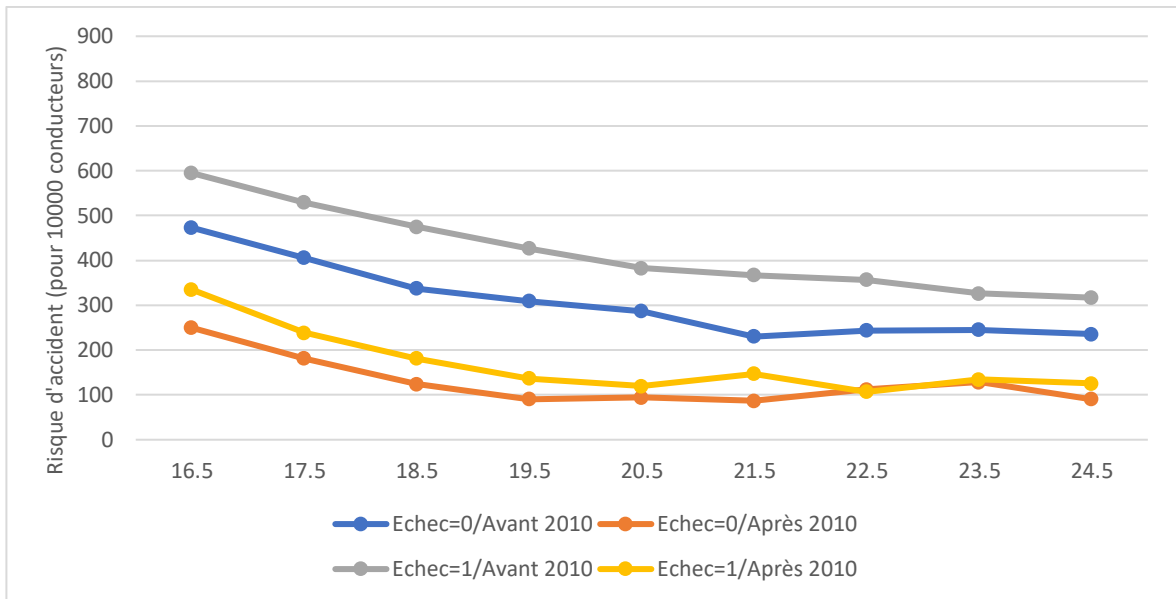


**Figure A.13** : Comparaison du risque d'accident avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014

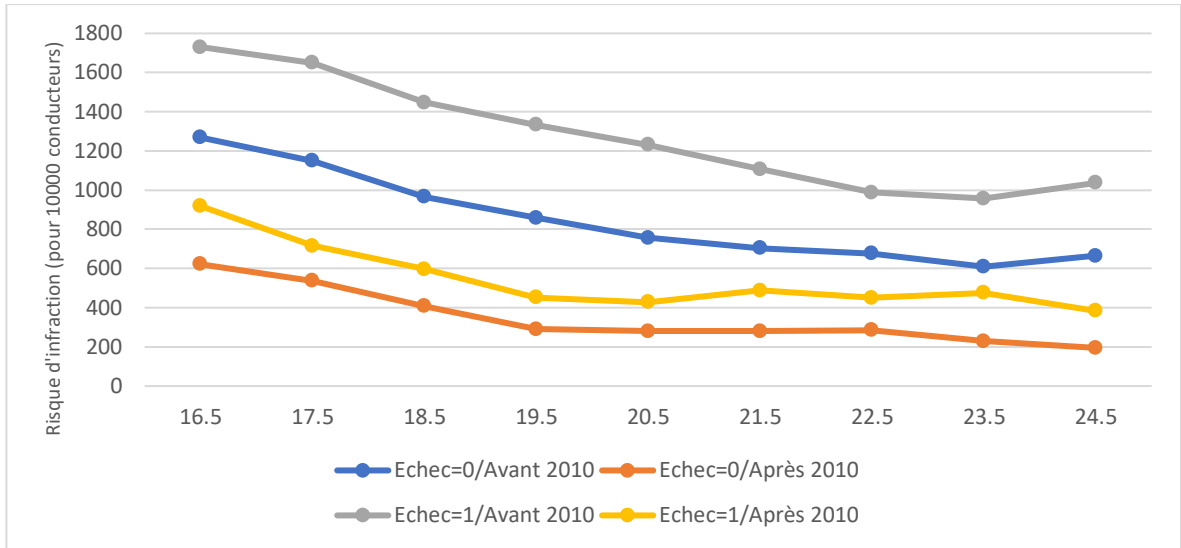




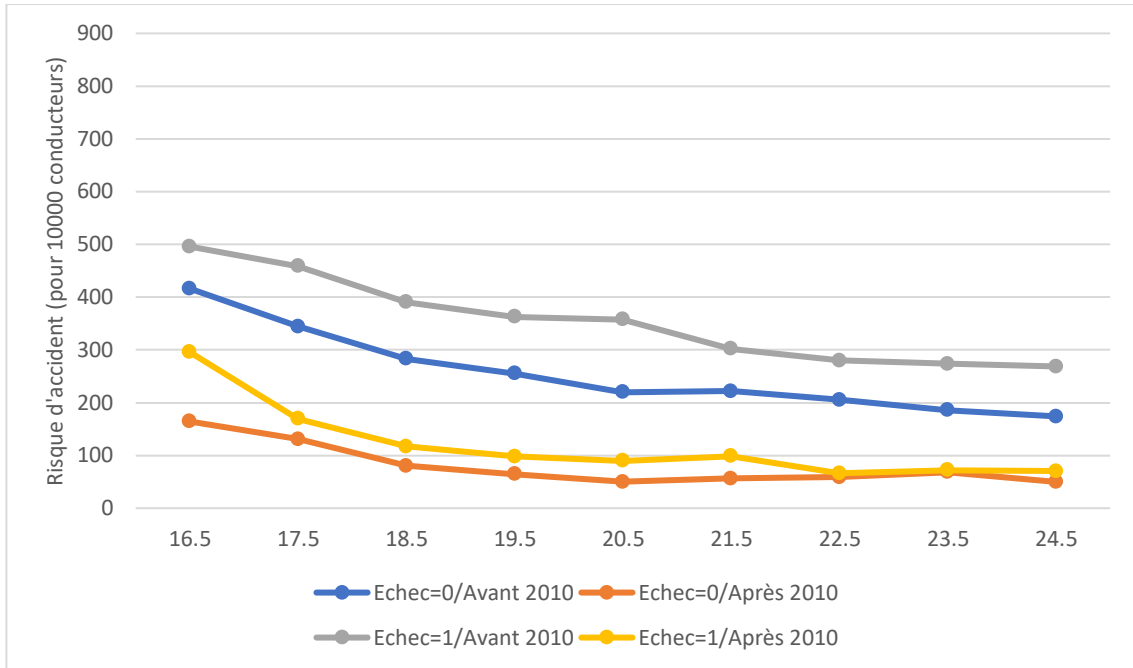
**Figure A.14 :** Comparaison du risque d’infraction avant ou après 2010 selon l’âge et selon la réussite au premier essai à l’examen théorique entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014



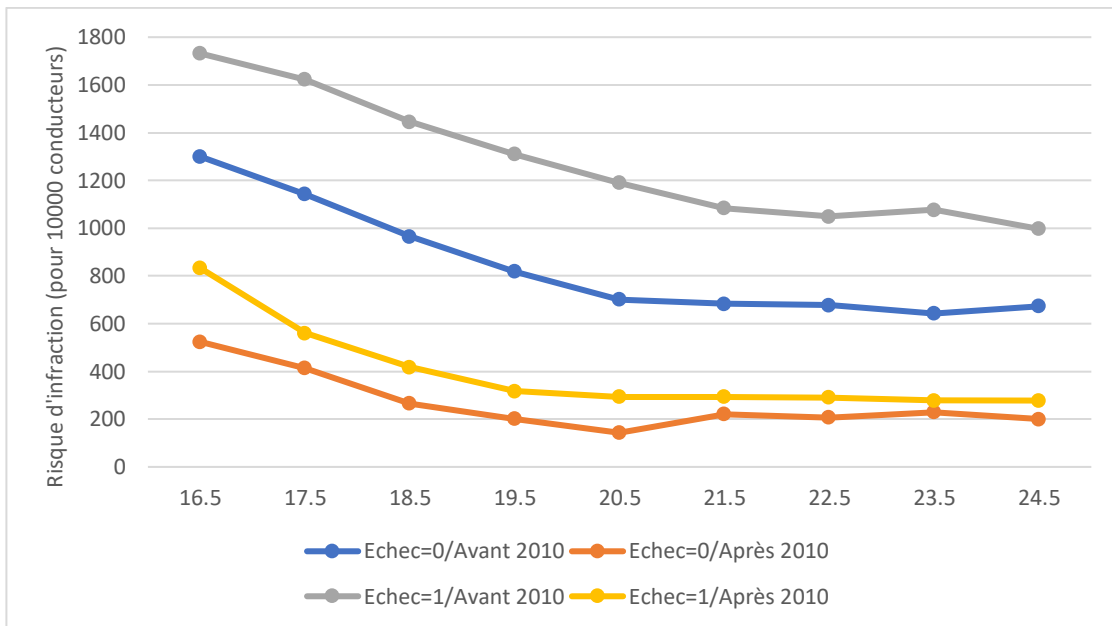
**Figure A.15 :** Comparaison du risque d’accident avant ou après 2010 selon l’âge et selon la réussite au premier essai à l’examen théorique entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014



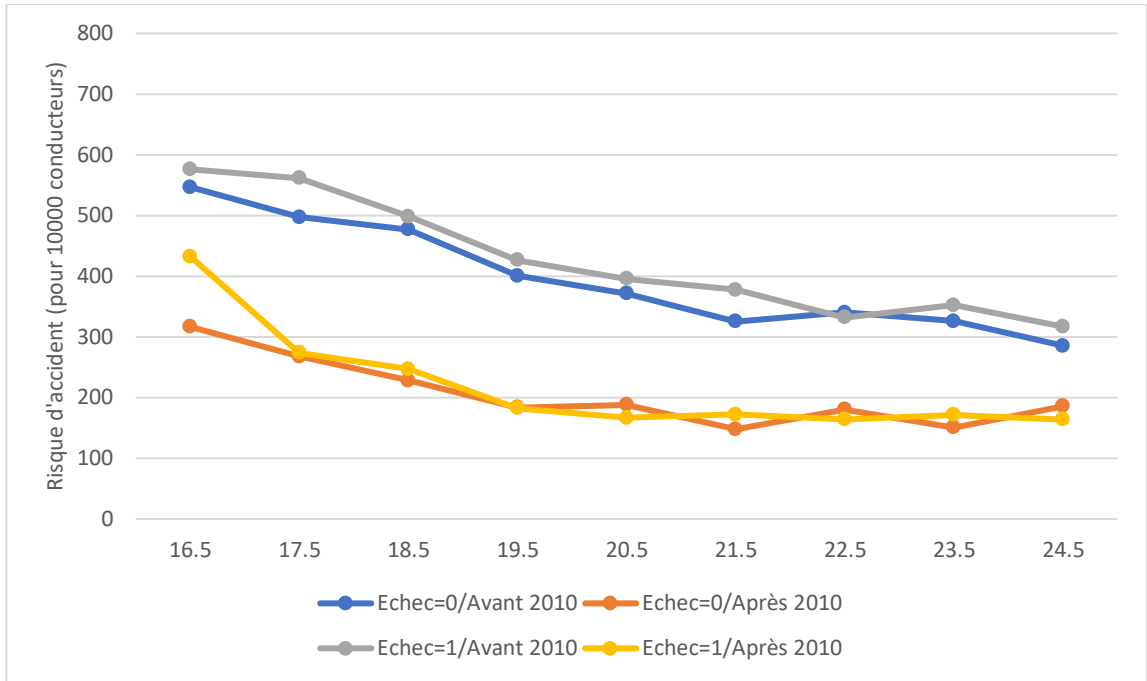
**Figure A.16 :** Comparaison du risque d'infraction avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014



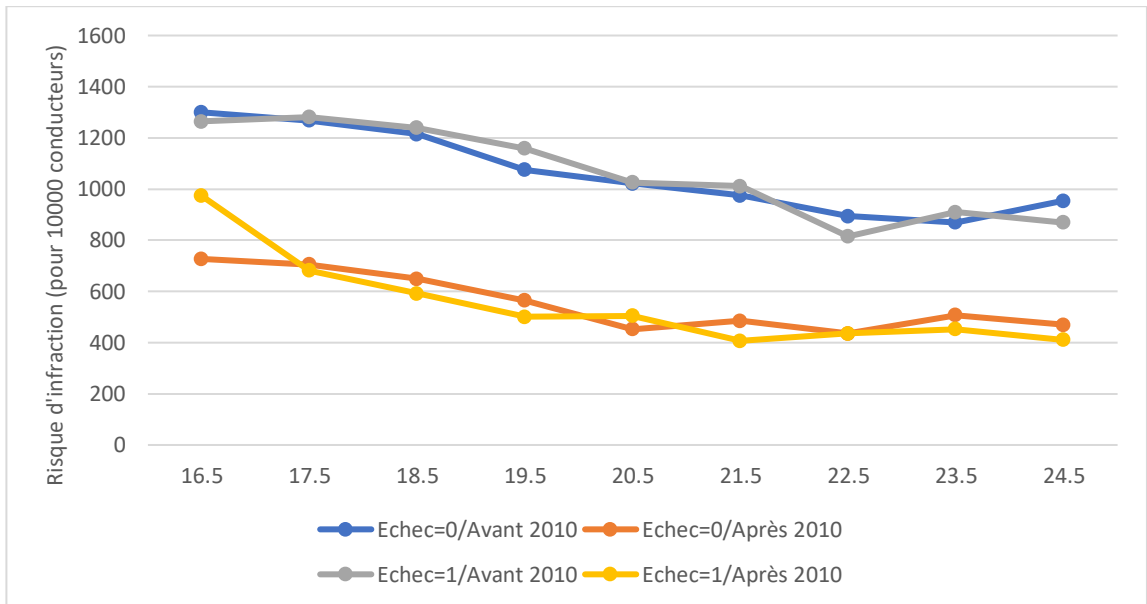
**Figure A.17 :** Comparaison du risque d'accident avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique entre le dix-huitième et le vingt-quatrième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014



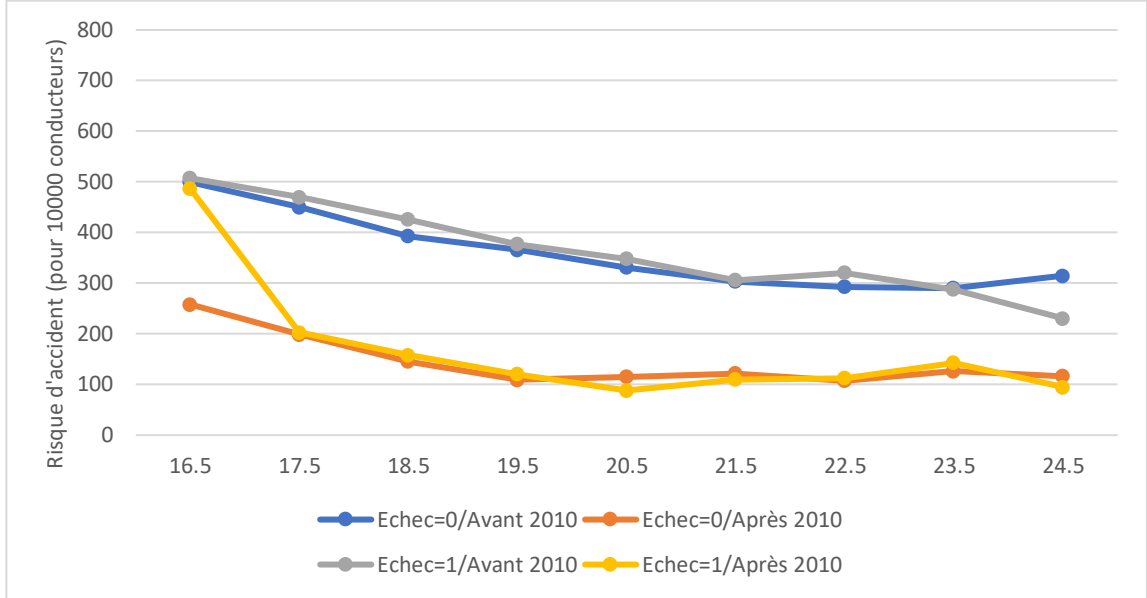
**Figure A.18 :** Comparaison du risque d'infraction avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen théorique entre le dix-huitième et le vingt-quatrième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014



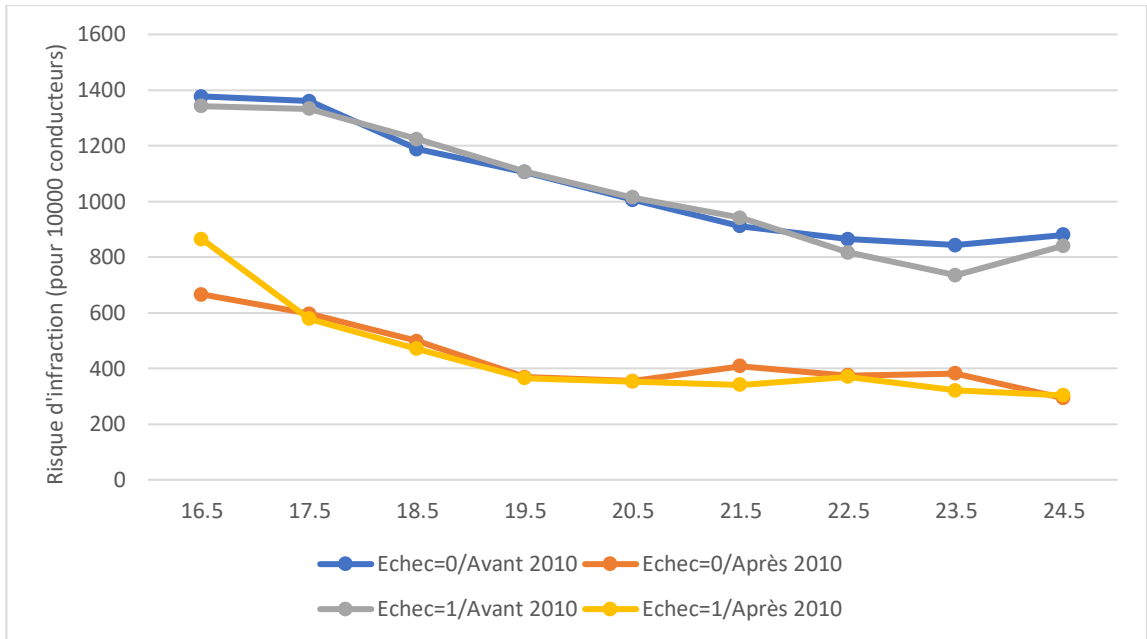
**Figure A.19 :** Comparaison du risque d'accident avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014



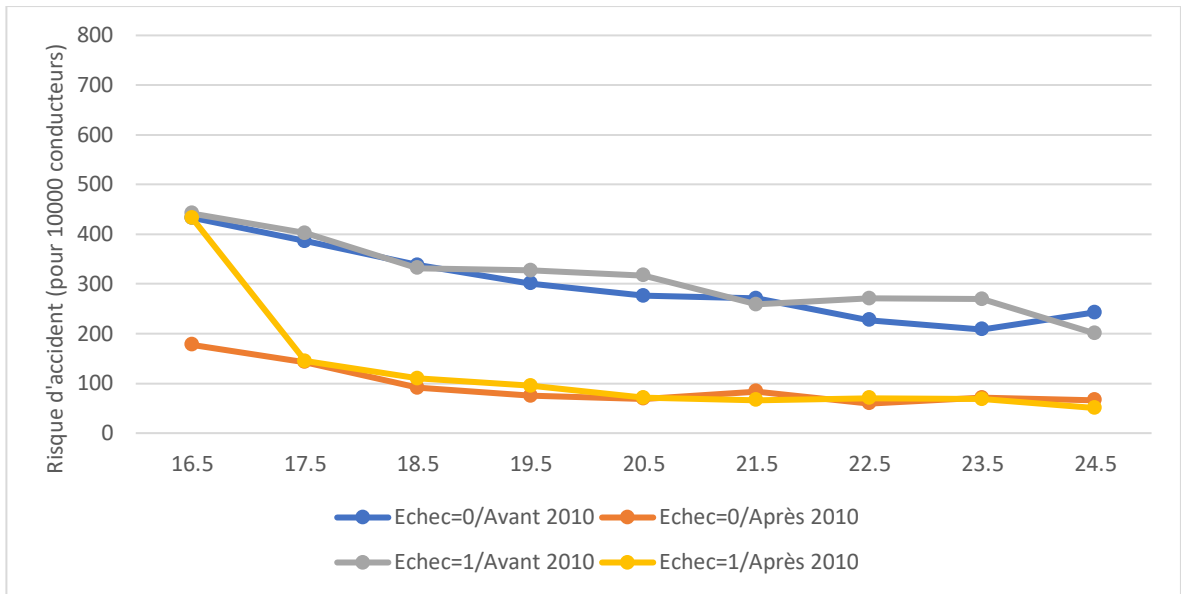
**Figure A.20 :** Comparaison du risque d'infraction avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique entre le sixième et le douzième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014



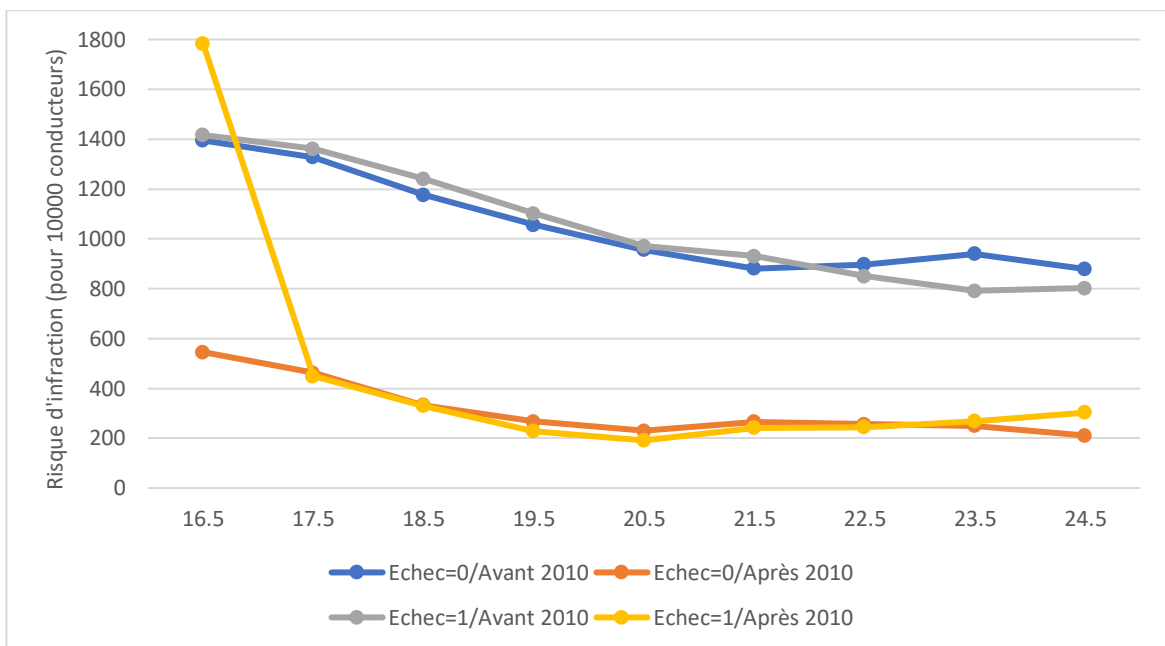
**Figure A.21 :** Comparaison du risque d'accident avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014



**Figure A.22 :** Comparaison du risque d'infraction avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique entre le douzième et le dix-huitième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014



**Figure A.23 :** Comparaison du risque d'accident avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique entre le dix-huitième et le vingt-quatrième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014



**Figure A.24 :** Comparaison du risque d'infraction avant ou après 2010 selon l'âge et selon la réussite au premier essai à l'examen pratique entre le dix-huitième et le vingt-quatrième mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014

**Tableau A.1** : Fréquence des variables du modèle de régression logistique multinomiale sur 559 772 nouveaux conducteurs entre 16 et 24 ans, Québec, 2005-2014

Fréquence des variables du modèle de régression logistique multinomiale (n=559 722)						
Variables		Pourcentage du total (n=559 772) (%)				Total par catégorie
		0	1	2	3	
<b>Cat_acc_0_24</b>		64,38	19,95	10,58	5,09	
<b>Sexe</b>						
	Homme	28,19	12,07	5,54	3,24	274 288
	Femme	38,18	7,88	5,05	1,85	285 484
<b>Categorie_pp</b>						
	16-18	46,39	15,31	8,32	4,02	414 231
	19-20	9,63	2,63	1,31	0,63	79 488
	21-24	8,35	2,01	0,95	0,43	66 053
<b>Echec_t</b>						
	0	41,35	11,17	6,01	2,68	342 580
	1	23,03	8,78	4,57	2,41	217 192
<b>Echec_p</b>						
	0	47,08	14,69	7,77	3,71	409 753
	1	17,30	5,26	2,82	1,38	150 019
<b>Legis_2010</b>						
	0	45,12	14,67	7,85	3,88	400 237
	1	19,26	5,28	2,74	1,21	159 535
<b>Acc_app</b>						
	0	64,11	19,68	10,44	5,01	555 294
	1	0,27	0,27	0,14	0,08	4 478
<b>Inf_app</b>						
	0	63,11	19,02	10,06	4,80	542 979
	1	1,27	0,93	0,52	0,29	16 793
<b>Pct_voit_prop</b>						
	0	43,29	11,41	6,03	2,76	355 455
	33	5,65	2,07	1,32	0,67	54 298
	66	5,59	2,31	1,39	0,70	55 977
	100	9,84	4,16	1,84	0,96	94 042

**Tableau A.2 :** Fréquence des variables des modèles de régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs de 16 à 24 ans par tranche de mois au cours des six premiers mois de la période probatoire, Québec, 2005-2014

Variables		Pourcentage du total par mois (%)					
		Acc_0_1	Acc_1_2	Acc_2_3	Acc_3_4	Acc_4_5	Acc_5_6
<b>n</b>		680 206	680 206	680 206	675 953	664 864	664 394
<b>Sexe</b>							
	Homme	49	49	49	49	48,96	48,89
	Femme	51	51	51	51	51,04	51,11
<b>Categorie_pp</b>							
	16-18	73,53	73,53	73,53	73,58	73,63	73,65
	19-20	14,63	14,63	14,63	14,61	14,58	14,56
	21-24	11,84	11,84	11,84	11,81	11,80	11,79
<b>Echec_t</b>							
	0	60,50	60,50	60,50	60,51	60,54	60,57
	1	39,50	39,50	39,50	39,49	39,46	39,43
<b>Echec_p</b>							
	0	73,77	73,77	73,77	73,75	73,75	73,75
	1	26,23	26,23	26,23	26,25	26,25	26,25
<b>Legis_2010</b>							
	0	60,59	60,59	60,59	60,96	61,36	61,81
	1	39,41	39,41	39,41	39,04	38,64	38,19
<b>Acc_app</b>							
	0	99,21	99,21	99,21	99,21	99,2	99,19
	1	0,79	0,79	0,79	0,79	0,8	0,79
<b>Inf_acc</b>							
	0	91,22	91,22	91,22	91,16	91,14	91,12
	1	8,78	8,78	8,78	8,84	8,86	8,88
<b>Propriétaire d'un véhicule</b>							
<b>Prop_0_1</b>							
	0	89,15					
	1	10,85					
<b>Prop_1_2</b>							
	0		87,31				
	1		12,69				
<b>Prop_2_3</b>							
	0			85,92			
	1			14,08			
<b>Prop_3_4</b>							
	0				84,75		
	1				15,25		
<b>Prop_4_5</b>							
	0					83,66	
	1					16,34	
<b>Prop_5_6</b>							
	0						82,65
	1						17,35



**Tableau A.3** : Fréquence des variables des modèles de régression logistique du risque d'infraction des nouveaux conducteurs de 16 à 24 ans par tranche de six mois au cours de la période probatoire, Québec, 2005-2014

Variables		Pourcentage du total par catégorie (%)			
		Inf_0_6	Inf_6_12	Inf_12_18	Inf_18_24
<b>n</b>		664 394	632 563	598 800	559 722
<b>Sexe</b>					
	Homme	49	49	49	49
	Femme	51	51	51	51
<b>Categorie_pp</b>					
	16-18	73,71	73,85	74,10	74,18
	19-20	14,53	14,41	14,23	14,14
	21-24	11,76	11,73	11,67	11,68
<b>Echec_t</b>					
	0	60,46	60,40	60,36	60,21
	1	39,54	39,60	39,64	39,79
<b>Echec_p</b>					
	0	73,73	73,59	73,39	73,31
	1	26,27	26,41	26,61	26,69
<b>Legis_2010</b>					
	0	61,97	64,96	68,40	71,63
	1	38,03	35,04	31,60	28,37
<b>Inf_app</b>					
	0	96,51	96,35	96,18	96,02
	1	3,49	3,65	3,82	3,98
<b>Propriétaire d'un véhicule</b>					
<b>Prop_0_6</b>					
	0	81,23			
	1	18,77			
<b>Prop_6_12</b>					
	0		75,17		
	1		24,83		
<b>Prop_12_18</b>					
	0			69,91	
	1			30,09	
<b>Prop_18_24</b>					
	0				65,04
	1				34,96

## B. Analyses des principaux résultats

**Tableau B.1 :** Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 6<sup>e</sup> et le 12<sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n= 632 563)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-3,9005	0,0252	24007,3616	<,0001	0,02		
Phys_sexe	M	0,2263	0,0131	300,2900	<,0001	1,25	1,22	1,29
categorie_pp	16-18	0,4891	0,0231	448,2919	<,0001	1,63	1,56	1,71
categorie_pp	19-20	0,1754	0,0282	38,6635	<,0001	1,19	1,13	1,26
echec_t		0,1918	0,0131	215,9902	<,0001	1,21	1,18	1,24
echec_p		0,0380	0,0146	6,8060	0,0091	1,04	1,01	1,07
Legis_2010		-0,4799	0,0156	947,2046	<,0001	0,62	0,60	0,64
inf_acc		1,0709	0,0156	4719,7321	<,0001	2,92	2,83	3,01
acc_app		0,6014	0,0512	137,8637	<,0001	1,83	1,65	2,02
prop_6_12		0,4394	0,0147	898,1337	<,0001	1,55	1,51	1,59

**Tableau B.2 :** Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 12<sup>e</sup> et le 18<sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=598 800)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-4,0444	0,0274	21774,4118	<,0001	0,02		
Phys_sexe	M	0,1500	0,0143	110,0298	<,0001	1,16	1,13	1,19
categorie_pp	16-18	0,4157	0,0250	276,0349	<,0001	1,52	1,44	1,59
categorie_pp	19-20	0,1349	0,0307	19,2633	<,0001	1,14	1,08	1,22
echec_t		0,1558	0,0143	119,1115	<,0001	1,17	1,14	1,20
echec_p		-0,00497	0,0160	0,0965	0,7560	0,99	0,96	1,03
Legis_2010		-0,4510	0,0178	644,6457	<,0001	0,64	0,62	0,66
inf_acc		1,4832	0,0156	9036,3823	<,0001	4,41	4,27	4,54
acc_app		0,5636	0,0560	101,2487	<,0001	1,76	1,57	1,96
prop_12_18		0,3934	0,0150	683,4334	<,0001	1,48	1,44	1,53

**Tableau B.3** : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 18<sup>e</sup> et le 24<sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=559 722)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-4,2915	0,0308	19422,5427	<,0001	0,01		
Phys_sexe	M	0,0711	0,0158	20,1892	<,0001	1,07	1,04	1,11
categorie_pp	16-18	0,4234	0,0280	228,5061	<,0001	1,53	1,45	1,61
categorie_pp	19-20	0,1728	0,0342	25,4913	<,0001	1,19	1,11	1,27
ehec_t		0,1267	0,0158	64,4472	<,0001	1,14	1,10	1,17
ehec_p		0,00599	0,0176	0,1155	0,7339	1,01	0,97	1,04
Legis_2010		-0,4273	0,0206	432,2549	<,0001	0,65	0,63	0,68
inf_acc		1,7458	0,0165	11231,4889	<,0001	5,73	5,55	5,92
acc_app		0,5674	0,0614	85,4034	<,0001	1,76	1,56	1,99
prop_18_24		0,3688	0,0159	536,2167	<,0001	1,45	1,40	1,49

**Tableau B.4** : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur le premier mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=680 206)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-5,5089	0,0530	10805,2186	<,0001	0,01		
Phys_sexe	M	0,3492	0,0259	182,2943	<,0001	1,42	1,35	1,49
categorie_pp	16-18	0,6968	0,0493	199,4397	<,0001	2,01	1,83	2,21
categorie_pp	19-20	0,3680	0,0587	39,3200	<,0001	1,45	1,29	1,62
ehec_t		0,3833	0,0259	219,6940	<,0001	1,47	1,39	1,54
ehec_p		0,0252	0,0292	0,7466	0,3875	1,03	0,97	1,09
Legis_2010		-0,5534	0,0292	359,0619	<,0001	0,58	0,54	0,61
prop_0_1		0,5593	0,0381	215,4634	<,0001	1,75	1,62	1,88

**Tableau B.5 :** Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=680 206)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-5,3371	0,0506	11136,8420	<,0001	0,01		
Phys_sexe	M	0,3700	0,0257	207,9323	<,0001	1,45	1,38	1,52
categorie_pp	16-18	0,5649	0,0469	145,1157	<,0001	1,76	1,61	1,93
categorie_pp	19-20	0,2366	0,0567	17,3801	<,0001	1,27	1,13	1,42
echech_t		0,3040	0,0257	140,0366	<,0001	1,36	1,29	1,43
echech_p		0,0562	0,0287	3,8149	0,0508	1,06	1,00	1,12
Legis_2010		-0,5278	0,0289	333,4464	<,0001	0,59	0,56	0,62
prop_1_2		0,3347	0,0378	78,3129	<,0001	1,39	1,29	1,50

**Tableau B.6 :** Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 2<sup>e</sup> et le 3<sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=680 206)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-5,3502	0,0513	10873,6059	<,0001	0,01		
Phys_sexe	M	0,3223	0,0263	150,4790	<,0001	1,38	1,31	1,45
categorie_pp	16-18	0,5434	0,0475	130,9258	<,0001	1,72	1,57	1,89
categorie_pp	19-20	0,1495	0,0584	6,5540	0,0105	1,16	1,04	1,30
echech_t		0,3250	0,0264	151,7762	<,0001	1,38	1,31	1,46
echech_p		0,0451	0,0296	2,3226	0,1275	1,05	0,99	1,11
Legis_2010		-0,5256	0,0297	314,2476	<,0001	0,59	0,56	0,63
prop_2_3		0,3391	0,0371	83,6951	<,0001	1,40	1,31	1,51

**Tableau B.7 :** Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 3<sup>e</sup> et le 4<sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=675 953)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-5,3079	0,0524	10252,8552	<,0001	0,01		
Phys_sexe	M	0,2837	0,0273	107,8075	<,0001	1,33	1,26	1,40
categorie_pp	16-18	0,4679	0,0486	92,6195	<,0001	1,59	1,45	1,76
categorie_pp	19-20	0,1843	0,0591	9,7117	0,0018	1,20	1,07	1,35
ehec_t		0,2852	0,0276	107,0965	<,0001	1,33	1,26	1,40
ehec_p		0,0224	0,0309	0,5229	0,4696	1,02	0,96	1,09
Legis_2010		-0,5815	0,0314	343,2665	<,0001	0,56	0,53	0,59
prop_3_4		0,2791	0,0381	53,5279	<,0001	1,32	1,23	1,42

**Tableau B.8 :** Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 4<sup>e</sup> et le 5<sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=664 864)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-5,4396	0,0558	9501,3523	<,0001	0,01		
Phys_sexe	M	0,3517	0,0287	150,5704	<,0001	1,42	1,34	1,50
categorie_pp	16-18	0,5065	0,0518	95,5573	<,0001	1,66	1,50	1,84
categorie_pp	19-20	0,2347	0,0626	14,0770	0,0002	1,27	1,12	1,43
ehec_t		0,2409	0,0288	69,8206	<,0001	1,27	1,20	1,35
ehec_p		0,0243	0,0324	0,5643	0,4525	1,03	0,96	1,09
Legis_2010		-0,5744	0,0328	306,1931	<,0001	0,56	0,53	0,60
prop_4_5		0,2650	0,0388	46,5533	<,0001	1,30	1,21	1,41

**Tableau B.9** : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 5<sup>e</sup> et le 6<sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=664 394)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-5,4679	0,0578	8942,5046	<,0001	0,01		
Phys_sexe	M	0,2982	0,0298	99,8238	<,0001	1,35	1,27	1,43
categorie_pp	16-18	0,4874	0,0537	82,2603	<,0001	1,63	1,47	1,81
categorie_pp	19-20	0,2256	0,0649	12,0706	0,0005	1,25	1,10	1,42
ehec_t		0,2499	0,0301	68,7170	<,0001	1,28	1,21	1,36
ehec_p		0,00804	0,0339	0,0562	0,8127	1,01	0,94	1,08
Legis_2010		-0,5888	0,0345	290,6158	<,0001	0,56	0,52	0,59
prop_5_6		0,2668	0,0396	45,4185	<,0001	1,31	1,21	1,41

**Tableau B.10** : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur les six premiers mois de la période probatoire avec « 18 » ans en catégorie de référence pour l'âge, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=664 394)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-3,2378	0,0183	31182,6761	<,0001	0,04		
PHYS_SEXE	M	0,3400	0,0115	878,4174	<,0001	1,41	1,37	1,44
age_pp	16	0,2145	0,0198	117,5184	<,0001	1,24	1,19	1,29
age_pp	17	0,1392	0,0169	67,6099	<,0001	1,15	1,11	1,19
age_pp	19	-0,1449	0,0244	35,1902	<,0001	0,87	0,83	0,91
age_pp	20	-0,2855	0,0299	91,4704	<,0001	0,75	0,71	0,79
age_pp	21	-0,3261	0,0345	89,5373	<,0001	0,72	0,67	0,77
age_pp	22	-0,4824	0,0404	142,5486	<,0001	0,62	0,57	0,67
age_pp	23	-0,5831	0,0460	160,5803	<,0001	0,56	0,51	0,61
age_pp	24	-0,5073	0,0477	112,9004	<,0001	0,60	0,55	0,66
echec_t		0,3246	0,0116	778,9727	<,0001	1,38	1,35	1,42
echec_p		0,0507	0,0130	15,1666	<,0001	1,05	1,03	1,08
Legis_2010		-0,5638	0,0140	1632,1604	<,0001	0,57	0,55	0,59
inf_acc		0,2014	0,0173	136,2547	<,0001	1,22	1,18	1,27
acc_app		0,6830	0,0447	233,3187	<,0001	1,98	1,81	2,16
prop_0_6		0,5256	0,0141	1387,8402	<,0001	1,69	1,65	1,74

**Tableau B.11** : Régression logistique du risque d'accident des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur le premier mois de la période probatoire avec « 18 » ans en catégorie de référence pour l'âge, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=680 206)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-5,0037	0,0419	14263,1596	<,0001	0,01		
PHYS_SEXE	M	0,3481	0,0259	181,2325	<,0001	1,42	1,35	1,49
age_pp	16	0,2845	0,0449	40,2221	<,0001	1,33	1,22	1,45
age_pp	17	0,1660	0,0385	18,5933	<,0001	1,18	1,09	1,27
age_pp	19	-0,0923	0,0550	2,8105	0,0936	0,91	0,82	1,02
age_pp	20	-0,3162	0,0695	20,6809	<,0001	0,73	0,64	0,83
age_pp	21	-0,5181	0,0860	36,2624	<,0001	0,59	0,50	0,70
age_pp	22	-0,4219	0,0915	21,2685	<,0001	0,66	0,55	0,78
age_pp	23	-0,6450	0,1103	34,1680	<,0001	0,53	0,42	0,65
age_pp	24	-0,6648	0,1198	30,7938	<,0001	0,51	0,40	0,65
echec_t		0,4107	0,0263	244,4109	<,0001	1,51	1,43	1,59
echec_p		0,0550	0,0296	3,4499	0,0633	1,06	0,99	1,12
Legis_2010		-0,5210	0,0309	284,5954	<,0001	0,59	0,56	0,63
prop_0_6		0,5611	0,0381	216,4928	<,0001	1,75	1,63	1,89



**Tableau B.12** : Régression logistique du risque d'infraction des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans sur les six premiers mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=664 609)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-3,5237	0,0175	40516,3406	<,0001	0,03		
Phys_sexe	M	1,0670	0,00979	11884,5452	<,0001	2,91	2,85	2,96
categorie_pp	16-18	0,4862	0,0154	995,1303	<,0001	1,63	1,58	1,68
categorie_pp	19-20	0,2175	0,0185	137,6702	<,0001	1,24	1,19	1,29
echech_t		0,4028	0,00902	1996,3221	<,0001	1,49	1,47	1,52
echech_p		-0,0594	0,0103	33,4431	<,0001	0,94	0,92	0,96
Legis_2010		-0,5625	0,0102	3049,7878	<,0001	0,57	0,56	0,58
inf_app		1,1056	0,0165	4494,1035	<,0001	3,02	2,93	3,12
prop_0_6	33	0,5649	0,0111	2602,2165	<,0001	1,76	1,72	1,78

**Tableau B.13** : Régression logistique du risque d'infraction des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 6<sup>e</sup> et le 12<sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=632 563)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-3,2017	0,0165	37721,7445	<,0001	0,04		
Phys_sexe	M	0,9112	0,00898	10295,3728	<,0001	2,49	2,44	2,53
categorie_pp	16-18	0,5058	0,0147	1180,9614	<,0001	1,66	1,61	1,71
categorie_pp	19-20	0,2026	0,0178	129,4583	<,0001	1,23	1,18	1,27
echech_t		0,3548	0,00855	1721,0418	<,0001	1,43	1,40	1,45
echech_p		-0,0394	0,00969	16,5177	<,0001	0,96	0,94	0,98
Legis_2010		-0,6316	0,00989	4075,0778	<,0001	0,53	0,52	0,54
inf_app		0,8532	0,0168	2585,8871	<,0001	2,35	2,27	2,42
prop_6_12		0,4472	0,00969	2129,2459	<,0001	1,56	1,54	1,59

**Tableau B.14** : Régression logistique du risque d'infraction des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 12<sup>e</sup> et le 18<sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=598 800)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-3,1457	0,0169	34561,6607	<,0001	0,04		
Phys_sexe	M	0,8306	0,00899	8527,3557	<,0001	2,29	2,26	2,34
categorie_pp	16-18	0,5569	0,0152	1340,9279	<,0001	1,75	1,69	1,79
categorie_pp	19-20	0,2123	0,0185	132,2279	<,0001	1,24	1,19	1,28
echech_t		0,3306	0,00868	1452,4233	<,0001	1,39	1,37	1,42
echech_p		-0,0589	0,00983	35,8925	<,0001	0,94	0,93	0,96
Legis_2010		-0,7046	0,0104	4566,9071	<,0001	0,49	0,48	0,50
inf_app		0,6738	0,0177	1451,6626	<,0001	1,96	1,89	2,03
prop_12_18		0,3975	0,00922	1857,6523	<,0001	1,49	1,46	1,52

**Tableau B.15** : Régression logistique du risque d'infraction des nouveaux conducteurs âgés de 16 à 24 ans entre le 18<sup>e</sup> et le 24<sup>e</sup> mois de la période probatoire, 2005-2014, Québec.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance (n=559 722)								
Paramètre		Estimation du coefficient	Écart-type	Statistique du test de Wald	Pr > ChiSq	Rapport de cotes (RC)	RC Intervalle de confiance au niveau 95 %	
Intercept		-3,0919	0,0172	32224,4266	<,0001	0,05		
Phys_sexe	M	0,7632	0,00917	6924,0355	<,0001	2,15	2,11	2,18
categorie_pp	16-18	0,5247	0,0154	1154,9134	<,0001	1,69	1,64	1,74
categorie_pp	19-20	0,1460	0,0189	59,3782	<,0001	1,16	1,12	1,20
echech_t		0,3250	0,00892	1328,7448	<,0001	1,38	1,36	1,41
echech_p		-0,0275	0,0100	7,5257	0,0061	0,97	0,95	0,99
Legis_2010		-0,8348	0,0115	5295,3657	<,0001	0,43	0,42	0,44
inf_app		0,5729	0,0186	953,7575	<,0001	1,77	1,71	1,84
prop_18_24		0,3787	0,00906	1745,7540	<,0001	1,46	1,44	1,49

**Tableau B.16** : Modèle d'analyse de survie de Cox avec des variables d'interaction avec le temps pour vérifier l'hypothèse des risques proportionnels du modèle d'analyse de survie de Cox présenté dans le tableau 5.14.

Analyse des estimations du maximum de vraisemblance						
Paramètre		coefficient	écart-type	khi-deux	Pr > khi-deux	Ratio de risque
Phys_sexe	M	0,42779	0,03404	157,9830	<,0001	1,53
Age		-0,36153	0,02839	162,1207	<,0001	0,69
echech_t		0,42239	0,03403	154,0463	<,0001	1,53
echech_p		0,09041	0,03809	5,6332	0,0176	1,09
Legis_2010		-0,28112	0,03833	53,7922	<,0001	0,76
acc_app		-0,41643	0,56908	0,5355	0,4643	0,66
Inf_acc		1,13068	0,11773	92,2324	<,0001	3,09
Pct_voit_prop		0,00717	0,0004200	291,8556	<,0001	1,01
Phys_sexe_t	M	-0,02661	0,00627	18,0067	<,0001	0,97
Age_t		0,01403	0,00522	7,2122	0,0072	1,01
echech_t_t		-0,03453	0,00628	30,1966	<,0001	0,97
echech_p_t		-0,01571	0,00703	4,9933	0,0254	0,98
Legis_2010_t		-0,05625	0,00720	61,1026	<,0001	0,95
acc_app_t		-0,65792	0,12620	27,1793	<,0001	0,52
Inf_acc_t		0,08330	0,02200	14,3299	0,0002	1,09
Pct_voit_prop_t		-0,000531	0,0000777	46,7608	<,0001	0,99