

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

IMPACT DES TÉLÉSOINS SUR LA SANTÉ DES FEMMES ET  
DE LEURS NOUVEAU-NÉS

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE

PAR

PABLO JOSUE ARMENDARIZ QUIJANO

FÉVRIER 2021

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL  
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.10-2015). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

## REMERCIEMENTS

Je veux commencer par remercier mes directrices de mémoire, Marie-Louise Leroux ainsi que Marie Connolly pour leur soutien durant la rédaction de ce mémoire. Plus particulièrement, je tiens à vous remercier pour éveiller en moi l'intérêt pour l'économie de la santé. Vos conseils m'ont permis de venir à bout de plusieurs obstacles survenus au cours de ma rédaction.

Je tiens à remercier les professeurs ainsi que les chargés de cours du département des sciences économiques pour leur formation de haut niveau ainsi que les opportunités d'apprentissage que j'ai reçu de votre part. Je pense notamment à Philip Merrigan et Jean-Denis Garon qui m'ont encouragé à dépasser mes limites et permis d'obtenir un stage prestigieux chez Groupe d'Analyse.

Je ne peux pas passer à côté de Catherine Gervais et l'équipe du CO-CPSS. Merci, non seulement pour l'accès aux données du coût par parcours de soins et de services québécois, mais également pour cette expérience de travail incroyable qui m'a permis de nager dans le système de santé québécois et d'acquérir autant de connaissances en si peu de temps.

Mes derniers remerciements reviennent à trois personnes qui me sont précieuses. Mes parents, qui ont été présents tout au long de mes cinq années d'études, autant sous l'aspect financier que pour le support moral. Merci pour les énormes sacrifices que vous avez fait pour que je puisse arriver à l'aboutissement de mes études. Finalement, je tiens à remercier Océane Fourmentraux, ma conjointe avec qui j'ai vécu mes hauts et mes bas tout au long de la maîtrise. Merci pour la relecture, les multiples réconforts et les longues nuits d'études à mes côtés.

## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES . . . . .	v
LISTE DES TABLEAUX . . . . .	vii
LISTE DES ABRÉVIATIONS . . . . .	ix
RÉSUMÉ . . . . .	x
INTRODUCTION . . . . .	1
CHAPITRE I	
CONTEXTE . . . . .	7
1.1 Diabète gestationnel au Canada . . . . .	7
1.2 Télésoins à domicile . . . . .	10
1.3 Indicateurs de santé . . . . .	12
CHAPITRE II	
PRÉSENTATION DE LA BASE DE DONNÉES . . . . .	16
2.1 Variables dépendantes . . . . .	21
2.2 Variables explicatives . . . . .	27
2.2.1 Variables cliniques . . . . .	27
2.2.2 Variables socioéconomiques . . . . .	29
2.3 Interventions et diagnostics . . . . .	33
CHAPITRE III	
MODÉLISATION . . . . .	38
3.1 Classification . . . . .	38
3.1.1 Validation croisée . . . . .	41
3.1.2 Classification Logit . . . . .	43
3.1.3 Classification Ridge . . . . .	45
3.1.4 Classification Lasso . . . . .	45
3.1.5 Classification Elastic-Net . . . . .	46

3.2	Métrie de performance . . . . .	46
3.3	Score F1 . . . . .	47
3.4	Effet du programme de télésoins à domicile . . . . .	47
CHAPITRE IV		
	RÉSULTATS . . . . .	50
4.1	Classification . . . . .	50
	4.1.1 Classification Elastic-Net . . . . .	51
4.2	Effets du programme de télésoins à domicile sur les indicateurs de santé	55
	4.2.1 Robustesse . . . . .	57
CHAPITRE V		
	DISCUSSION . . . . .	60
5.1	Qualité des données . . . . .	60
5.2	Performance des méthodes . . . . .	61
5.3	Recommandations . . . . .	62
	CONCLUSION . . . . .	64
APPENDICE A		
	DÉFINITIONS . . . . .	67
APPENDICE B		
	RÉSULTATS DE LA CLASSIFICATION DE TOUTES LES MÉTHODES	70
APPENDICE C		
	MODÈLE DE L'EFFET DES TÉLÉSOINS À DOMICILE . . . . .	80

## LISTE DES FIGURES

Figure	Page
0.1 Sections et sous-sections de la télésanté. . . . .	2
1.1 Évolution du diabète gestationnel au Canada de 2004 à 2011. . . . .	8
2.1 Organigramme représentant l'appariement des bases de données de PPM et MED-ÉCHO. . . . .	18
2.2 Exemple fictif d'un épisode de soins et de service. . . . .	19
2.3 Distribution des naissances de l'année fiscale 2016-2017. . . . .	20
2.4 Distribution du score Apgar selon l'âge. . . . .	26
2.5 Densité de l'âge des mères selon l'admission au programme de télésoins à domicile. . . . .	30
3.1 Exemple de répartition de la base de données par validation croisée avec $K = 5$ . . . . .	42
4.1 Log loss de la méthode de classification Ridge, Lasso et Elastic-Net. . . . .	52
4.2 Variables d'importance en pourcentage de la méthode de classification Ridge. . . . .	54
B.1 Log loss de la méthode de forêt aléatoire, boosting par gradient et Elastic-Net. . . . .	71

B.2	Distribution des probabilités de classification selon la méthode pour les observations classifiées comme vrais négatifs et faux positifs de l'échantillon 2. . . . .	73
B.3	Distribution de la probabilité d'être classifiée en télésoins les patientes admises en télésoins. . . . .	74
B.4	Distribution de la probabilité d'être classifiée en télésoins sur l'échantillon 1 selon la méthode. . . . .	75

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
2.1 Statistiques des variables dépendantes . . . . .	22
2.2 Statistiques cliniques . . . . .	28
2.3 Statistiques socioéconomiques . . . . .	32
2.4 Exemple de décomposition de la structure de la CCI. . . . .	33
2.5 Liste des cinq regroupements d'interventions les plus fréquentes avant et lors de l'accouchement pour toutes les patientes. . . . .	35
2.6 Liste des regroupements de diagnostics avant et lors de l'accouchement pour toutes les patientes. . . . .	36
3.1 Échantillons pour la classification . . . . .	39
3.2 Exemple d'une matrice de confusion . . . . .	41
4.1 Meilleurs modèles de classification Elastic-Net selon la valeur de $\alpha$	51
4.2 Matrice de confusion pour l'ensemble d'entraînement, l'ensemble test et l'ensemble des données à l'aide de la méthode de classifica- tion Ridge. . . . .	53
4.3 Effets estimés du programme de télésoins sans variable de contrôle	55



4.4	Effets estimés du programme de télésoins avec des variables de contrôles . . . . .	56
4.5	Effet estimé du programme de télésoins sur la probabilité de naître de faible poids selon les différentes variables de contrôles avec le groupe contrôle provenant de la classification Ridge. . . . .	58
B.1	Matrice de confusion pour l'ensemble d'entraînement, l'ensemble test et l'ensemble des données à l'aide de la méthode de classification Ridge. . . . .	72
B.2	Statistiques comparatives du groupe contrôle et du groupe qui ne sont pas éligibles au programme. . . . .	79
C.1	Effets estimés du programme de télésoins à partir du groupe contrôle provenant de la classification Ridge sur les indicateurs de santé de 1 à 5. . . . .	81
C.2	Effet estimé du programme de télésoins à partir du groupe contrôle provenant de la classification Ridge sur les indicateurs de santé de 6 à 10. . . . .	82

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

- CCI : Classification Canadienne des Interventions en santé
- CCT : Centre de Coordination de la Télésanté
- CHUM : Centre hospitalier de l'Université de Montréal
- DRG : Diagnostics regroupés pour la gestion
- MED-ÉCHO : Maintenance et Exploitation des Données pour l'Étude de la Clientèle Hospitalière
- MPOC : Maladie pulmonaire obstructive chronique
- PPM : Power Performance Manager
- RAMQ : Régie de l'assurance maladie du Québec

## RÉSUMÉ

L'objectif de ce mémoire est de mesurer l'effet marginal du programme de télésoins à domicile sur les indicateurs de santé des femmes enceintes atteintes de diabète gestationnel et de leurs nouveau-nés. La présence de biais de sélection dans l'admission au programme de télésoins nous donne l'occasion de créer un groupe contrôle synthétique qui prend en compte ces biais. Nous utilisons plusieurs méthodes d'apprentissage automatique pour trouver un groupe comparable aux patientes qui ont été admises en télésoins et qui ont accouché entre le 1<sup>er</sup> avril 2016 et le 31 mars 2017 au Centre hospitalier de l'Université de Montréal.

Les résultats obtenus démontrent que le programme de télésoins à domicile diminue la probabilité de naître de faible poids de 7 points de pourcentage. De plus, nous estimons une économie de 50 157,25 \$ lorsque la totalité des patientes dans les groupes contrôle et traitement adhère au programme pour l'année fiscale 2016-2017. Cette étude recommande un investissement plus important dans les programmes de télésoins pour la trajectoire de grossesse des femmes atteintes de diabète gestationnel. Cette suggestion ne devient que plus pertinente en présence de la COVID-19 qui a provoqué une augmentation de l'utilisation du programme de télésoins pour les patientes en trajectoire de grossesse au Québec.

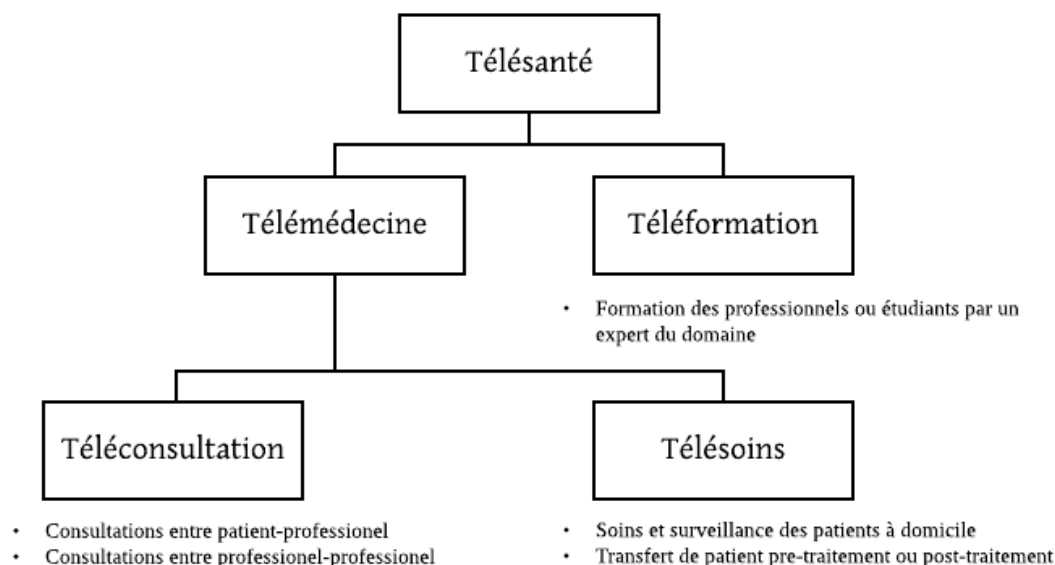
## INTRODUCTION

La COVID-19 est probablement le thème le plus populaire depuis le début de l'année 2020 et avec raison. Cette pandémie est la première qui touche autant de personnes à travers la planète depuis la grippe espagnole en 1918. Les mesures prises pour contrer la propagation de cette pandémie reposent surtout sur la distanciation sociale, le maintien des mesures d'hygiène, l'isolement des personnes présentant des symptômes, l'interdiction des rassemblements publics et privés ainsi que la réaffectation des ressources de santé à la gestion de la COVID-19. Au Québec, cette crise force le gouvernement provincial à obtenir des plateformes pour des consultations à distance ainsi que des plateformes pour les soins et surveillance des patients à domicile pour ainsi maintenir une offre de service essentielle à la population (La Presse, 2020). Cela permet donc à des docteurs et infirmiers en isolement forcé ou volontaire de continuer à servir les patients malades tout en imposant une barrière de transmission au virus.<sup>1</sup> Si aujourd'hui l'investissement s'avère considérable ou urgent pour le gouvernement, il est grandement expliqué par son manque d'investissement en télésanté par le passé.

Le Québec est pourtant l'une des premières provinces à s'investir en projet de télésanté au Canada. Selon l'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (2014), la télésanté se définit comme la prestation de soins de santé à distance par l'utilisation des technologies de l'information et de la communication.

---

<sup>1</sup>L'isolement forcé peut survenir non seulement lorsqu'on présente des symptômes, mais également lorsqu'on dépasse le seuil d'âge considéré à risque ou encore, lors d'un retour de voyage à l'étranger.



Source : Haddad (2013)

Figure 0.1: Sections et sous-sections de la télésanté.

Comme le démontre la figure 0.1, la télésanté englobe la télémédecine ainsi que la téléformation. Les télésoins et la téléconsultation sont des sous-sections de la télémédecine qui est elle-même une section de la télésanté. On retrouve la téléformation comme une autre section de la télésanté. Les projets de télésanté qui ont commencé en 1990 offrent aujourd’hui une couverture à 49 % de la population (Centre de Coordination de la Télésanté, 2019). Cependant, dans un rapport remis à Inforoute Santé du Canada, Chien *et al.* (2011) montrent que le Québec tarde à améliorer les différents programmes en télésanté, incluant les télésoins. Seul 1,58 % à 1,8 % du budget total des centres hospitaliers universitaires est consacré aux technologies de l’information (Paré et Sicotte, 2007; Powers, 2012) alors que les établissements de santé en Europe investissent entre 3,65 % à 6,5 % de leur budget total, soit deux à trois fois plus que la province de Québec. Même si la télésanté est davantage présente en milieu hospitalier, l’implantation des télésoins en obstétrique et en gynécologie ne représente que 1,1 % des services de télésanté

au Canada (Chien *et al.*, 2011). Si les télésoins apportent des bienfaits aux femmes atteintes de diabète gestationnel, la croissance des télésoins en milieu obstétrique et en gynécologie ne semble pas suivre la demande auprès des femmes enceintes.

Par ailleurs, un rapport soumis par le Bureau d'information et d'études en santé des populations (2017), la prévalence du diabète gestationnel au Québec a triplé entre 1989 et 2012 passant de 2,5 % à 7,5 %. Entre 1999 et 2009, l'Alberta présente une augmentation de la prévalence de diabète gestationnel qui passe de 3,8 % à 4,8 % alors qu'en Ontario, le taux est passé de 2,7 % à 5,6 % entre 1996 et 2010. Cela démontre que la prévalence du diabète gestationnel a augmenté dans les trois provinces, mais moindrement en Alberta et en Ontario.

Plusieurs études analysent l'effet des télésoins dans un contexte québécois (Sicotte *et al.*, 2004; Paré *et al.*, 2006; Jaana *et al.*, 2009; Paré *et al.*, 2009, 2013a,b). La majorité de ces études proposent des recommandations similaires, les télésoins permettent un suivi qui est similaire à celle d'une trajectoire de soins de santé traditionnelle sans effets négatifs sur indicateurs de santé, mais davantage d'études doivent être faites sur le sujet. À notre connaissance, seuls Lemelin *et al.* (2020) se concentrent sur les télésoins pour les patientes atteintes de diabète gestationnel au Québec. À l'image des études mentionnées, ils montrent qu'il n'y a pas d'effet positif ou négatif sur les indicateurs de santé des mères ou des enfants. Ces résultats montrent encore une fois que les télésoins peuvent être un substitut en matière de qualité de soins et de services. Les auteurs font une autre constatation: même si la nature du programme implique plus d'interventions faites par les infirmiers, ce qui augmente le coût des soins fournis de 44,2 % ou un montant moyen de 113,40 \$ par patiente, le programme de télésoins permet une économie de 16,1 % en dépense directe de soins de santé (en moyenne 167,75 \$ par patiente) grâce à la réduction des visites médicales. En moyenne, le Centre hospitalier de l'Université de Montréal (CHUM) accueille 400 patientes atteintes de diabète gestationnel

par année. Lemelin *et al.* (2020) estiment une économie de 53 680 \$ par année si 80 % de ces 400 patientes étaient admises en télésoins. Lorsqu'on se réfère aux patients atteints de maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC), Paré *et al.* (2013b) trouvent des résultats où les télésoins affectent positivement des indicateurs de santé. Les télésoins semblent avoir une incidence sur la durée de séjour des patients lors d'hospitalisation ainsi que le nombre de visites à l'urgence. En présence de MPOC, les télésoins engendrent une économie de 1 613 \$ par patient par année.

Ce mémoire vise à étudier l'impact des télésoins sur la santé des femmes qui ont du diabète de grossesse et sur la santé des enfants qui sont nés entre 2016 et 2017 au CHUM. Plus précisément, est-ce que le programme de télésoins à domicile améliorerait les indicateurs de santé des mères et des nouveau-nés ? Si c'est le cas, est-ce que ce programme est plus avantageux financièrement que le parcours de grossesse standard actuel ? D'ailleurs, Lemelin *et al.* (2020) font mention de l'absence d'échantillonnage aléatoire chez le groupe contrôle et le groupe traitement. De plus, l'éligibilité au programme de télésoins est contrainte à plusieurs conditions, autant sur des observables, comme avoir un diagnostic de diabète gestationnel, que sur des inobservables, par exemple être incapable de manipuler des outils technologiques. Afin de créer un groupe contrôle qui tient compte des biais de sélection, nous utiliserons les différentes contraintes sur les observables et des algorithmes d'apprentissage automatique pour contourner les biais de sélection sur les inobservables. Ces méthodes consistent à se nourrir des données afin d'apprendre à prédire ou classer des observations correctement sans leur imposer une équation préétablie. Nous utiliserons la méthode de forêt aléatoire, de *boosting* par gradient, Ridge, Lasso et Elastic-Net pour classifier et reconstruire un groupe contrôle qui tiendra compte des biais de sélection dans la mesure du possible. À la suite de cela, nous pourrions mesurer l'effet des télésoins à domicile

sur les différents indicateurs de santé choisis : la durée de séjour de la mère et de l'enfant, le coût du séjour d'accouchement, la probabilité de subir une césarienne, la durée gestationnelle, le poids à la naissance et le score Apgar.

Nous utiliserons une base de données administratives du CHUM. Celle-ci nous permet d'obtenir le coût du parcours de soins et de service des patientes. Le salaire des médecins n'étant pas une dépense de l'hôpital, les coûts reliés aux soins et services n'incluent pas les salaires des médecins, qui augmenteraient nos estimations de coût à la hausse.<sup>2</sup> Ceci constitue une différence cruciale avec l'étude de Lemelin *et al.* (2020) qui a accès aux salaires des médecins. En plus de contenir les coûts de chaque patient, notre base de données détient les diagnostics et interventions de chaque patiente jusqu'à l'accouchement. Cependant, toute intervention faite à l'extérieur de l'établissement n'est pas incluse.

Le groupe contrôle qui a été retenu est produit par la méthode de classification Ridge. Grâce à ce groupe, on observe que le programme de télésoins à domicile a un effet statistiquement significatif sur la probabilité d'accoucher d'un nouveau-né de faible poids. Le traitement permet de diminuer la probabilité d'accoucher d'un enfant de faible poids de 7 %.

Ce mémoire est structuré de la manière suivante. Dans la section qui suit, on présente l'historique du programme de télésoins à domicile, du diabète gestationnel au Canada et de l'importance des indicateurs de santé dans la littérature. Le deuxième chapitre présente la base de données et un bref résumé des indicateurs de santé et des variables utilisées pour la classification. Le troisième chapitre montre les différentes méthodes d'apprentissage automatique utilisées pour la classification. Le quatrième chapitre présente les résultats obtenus à partir des groupes

---

<sup>2</sup>Le salaire des médecins au Québec est une dépense de la Régie d'assurance maladie du Québec (RAMQ).



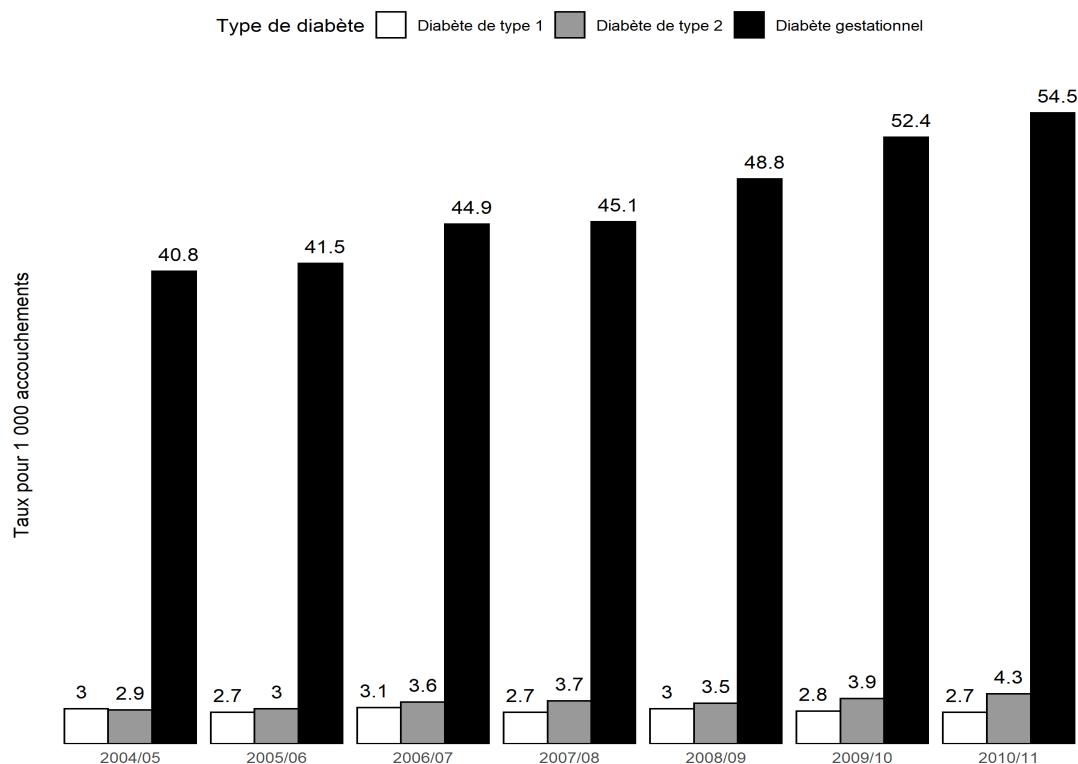
contrôles trouvés par les méthodes d'apprentissage automatique. Le cinquième chapitre introduira les différentes discussions sur les résultats trouvés ainsi que des recommandations de politique de santé qui découlent de ceux-ci. Finalement, le dernier chapitre présentera la conclusion.

# CHAPITRE I

## CONTEXTE

### 1.1 Diabète gestationnel au Canada

Le diabète survient lorsque le pancréas ne produit pas assez d'insuline ou lorsque l'organisme n'est pas capable d'utiliser l'insuline qu'il produit de façon efficace (Organisation Mondiale de la Santé, 2019). Le résultat du diabète est une concentration forte de glucose dans le sang connue sous le nom d'hyperglycémie. Contrairement au diabète de type 1 et type 2, le diabète de grossesse n'est pas une maladie chronique. Dans 90 % des cas, la glycémie retourne à un taux normal quelques semaines après l'accouchement (Bureau d'information et d'études en santé des populations, 2017). Le diabète gestationnel est habituellement détecté entre les 24<sup>ième</sup> et 28<sup>ième</sup> semaines de grossesse. Selon une étude du Bureau d'information et d'études en santé des populations (2017), la prévalence du diabète de grossesse a triplé au Québec depuis 1989. Au Canada, le taux de diabète gestationnel semble augmenter également comme le montre la figure 1.1 qui exclut la province de Québec. Le taux de diabète gestationnel au Canada est passé de 40,8 à 54,5 pour 1 000 accouchements entre 2004 et 2011. Contrairement au diabète gestationnel, le diabète de type I et II semble être stable pour la même période au Canada.



Source : Institut Canadien d'Information sur la Santé (ICIS), Base de données sur les congés des patientes (BDCP). Les données sur le Québec ne sont pas incluses, car la province ne contribue pas à la BDCP.

Figure 1.1: Évolution du diabète gestationnel au Canada de 2004 à 2011.

Parmi les femmes enceintes, les femmes plus âgées sont celles qui sont plus susceptibles de souffrir de diabète gestationnel, en particulier, celles âgées de 40 ans et plus (Dornhorst *et al.*, 1992; Naylor *et al.*, 1997). Au Québec, une femme sur sept âgée de 40 ans et plus souffrait de diabète gestationnel en comparaison à une femme sur huit au Canada (Institut Canadien d'Information sur la Santé, 2011; Bureau d'information et d'études en santé des populations, 2017).

La prévalence du diabète de grossesse mène à plusieurs complications tout au long de la gestation. Parmi les femmes atteintes du diabète gestationnel, la prévalence

de la pré-éclampsie, le déclenchement artificiel du travail, les césariennes, la dystocie des épaules et les hémorragies postpartum sont plus élevés que chez les femmes qui n'ont pas de diabète gestationnel (Bureau d'information et d'études en santé des populations, 2017).<sup>3</sup> Le taux de mortalité périnatal en Ontario et au Québec reste stable dans le temps pour les femmes atteintes de diabète de grossesse. Le taux de malformation reste relativement plus élevé lorsque l'on compare avec celles qui n'ont pas de diabète gestationnel (Feig *et al.*, 2014; Bureau d'information et d'études en santé des populations, 2017). Le taux de mortinaissance a baissé au Québec, indépendamment de la présence de diabète gestationnel, cependant, le taux de mortalité infantile n'a baissé que chez les femmes sans diabète gestationnel (Bureau d'information et d'études en santé des populations, 2017). Une conséquence du diabète de grossesse est le risque de macrosomie fœtale, ce qui complique l'accouchement pour la mère et pour l'enfant. Les femmes atteintes de diabète gestationnel ont 4 % plus de risque d'avoir un enfant diagnostiqué avec de la macrosomie en contraste avec celles qui n'ont pas le diabète gestationnel (Delpapa et Mueller-Heubach, 1991; Sermer *et al.*, 1995; Casey *et al.*, 1997). Cela peut causer des naissances prématurées ainsi que des risques de dystocie des épaules, ce qui peut mener à une césarienne préventive (Acker *et al.*, 1985; Langer *et al.*, 1991).<sup>4</sup>

Le diabète gestationnel n'est donc pas un danger en soi pour la mère, mais peut causer des complications lors de l'accouchement pour elle-même et pour l'enfant à naître.

---

<sup>3</sup>Les définitions des complications se retrouvent dans l'appendice A.

<sup>4</sup>Les définitions pour les différents types de mortalité ainsi que pour la macrosomie et la dystocie se retrouvent dans l'appendice A.

## 1.2 Télésoins à domicile

Le programme de télésoins à domicile a été instauré au CHUM en 2016 par le département d'endocrinologie pour répondre aux différents problèmes provenant du diabète de grossesse des personnes suivies. Le programme consiste à rentrer leurs indicateurs de santé quotidiens tels que prédéterminés dans une tablette transmise par l'hôpital ou dans un portail sur leurs ordinateur, tablette ou cellulaire personnels. Des exemples d'indicateurs de santé peuvent impliquer la description de symptômes comme le niveau de fatigue et la médication consommée. Cette information est ensuite reçue par un centre de contrôle et prise en charge par le personnel infirmier. Des commentaires, des capsules d'information ainsi que des thérapies adaptées et automatisées sont envoyés aux patientes par la plateforme afin d'inciter à de meilleures habitudes de santé. Le programme envoie une alarme au centre de contrôle et à la patiente lorsqu'il y a absence de réponse au formulaire, lorsqu'il y a détérioration sur plusieurs symptômes et lorsque la patiente ne suit pas son régime ou le plan de traitement.<sup>5</sup> Habituellement, les seuils qui déclenchent les alarmes demeurent les mêmes pour toutes les patientes. Seuls des cas qui nécessitent des attentions particulières voient leurs seuils être ajustés avant la mise en place du programme ou pendant le programme.

L'éligibilité au programme de télésoins passe par plusieurs critères. Le critère le plus évident concerne le diagnostic de diabète gestationnel. Toutes les patientes admises doivent avoir du diabète gestationnel sans pour autant avoir un antécé-

---

<sup>5</sup>Une description partielle est reprise des télésoins pour les gens souffrant de MPOC dans Paré *et al.* (2013b), complétée avec la description du programme de télésoins par Lemelin *et al.* (2018) et la définition de l'Ordre des Infirmières et Infirmiers du Québec (Mathieu et Dubé, 2017). Une confirmation verbale a été acquise par le Centre de Coordination de la Télésanté (CCT) en date du 12 juillet 2019 pour le déroulement du programme et l'éligibilité à celui-ci.

dent de diabète de type I ou II.<sup>6</sup> En plus du diagnostic de diabète gestationnel, le moment précis du dépistage est également important. Si le diabète gestationnel est dépisté trop tôt, soit avant le début de la 21<sup>ème</sup> semaine de gestation, ou si celui-ci est dépisté trop tard, après le début de la 30<sup>ème</sup> semaine de grossesse, la patiente atteinte de ce type de diabète n'est pas éligible au programme. Le principal argument de cette dernière restriction consiste à normaliser la durée du programme pour la majorité des patientes. Les grossesses multiples sont également écartées du programme. Les femmes enceintes doivent être résidentes du Québec et doivent être couvertes par la régie de l'assurance maladie du Québec (RAMQ). La patiente se voit refuser le programme de télésoins lorsqu'elle est incapable de lire, écrire ou parler le français ou l'anglais. Elle doit être disponible et adhérente à l'apprentissage du programme de télésoins à domicile. La disposition d'un accès à internet via un ordinateur ou un cellulaire est requise. Ce critère peut être substitué par l'accès à un modem téléphonique de câblodistribution. Dans le cas où il n'y aurait pas d'accès à internet et à une ligne téléphonique résidentielle, la patiente n'est plus admissible au programme de télésoins. Toute personne réfractaire à la technologie est donc exclue du programme. La ponctualité au rendez-vous de télésoins à domicile est obligatoire, cela implique que lorsqu'il y a absentéisme fréquent lors des rendez-vous, le risque de ne pas remplir le questionnaire est plus élevé. Les usagers souffrant de troubles psychologiques ou psychiatriques aigus sont également exclus. Finalement, une signature de consentement relatif à la participation au projet est nécessaire.

Les conditions d'éligibilité contiennent donc des restrictions qui ne permettent pas d'assignation aléatoire. On ne considère que les personnes atteintes de diabète gestationnel, tout autre diagnostic étant automatiquement écarté. De plus, l'ajout de plusieurs critères tels que la ponctualité, un diagnostic de troubles psychologiques

---

<sup>6</sup>Les définitions pour les différents types de diabète se retrouvent dans l'appendice A.

et l'adhésion à la technologie laisse croire à une sélection sur les inobservables. Le programme a nécessairement besoin de réussir afin de continuer à être financé, ce qui explique le nombre important de restrictions.<sup>7</sup> En d'autres mots, les conditions d'éligibilité viennent poser un deuxième biais, on ne sélectionne que les patientes qui ont moins de facteurs de risque que les autres ou qui ont des facteurs de risque contrôlables. Afin de reconstituer un groupe contrôle, il faut tenir compte du fait que les patientes qui formeront ce groupe ne peuvent qu'être des patientes atteintes de diabète gestationnel, qui n'ont ni de diabète de type I ou II et qui n'ont pas de diagnostic indiquant des troubles psychologiques.

### 1.3 Indicateurs de santé

Le principe de dotation de santé en science économique a été introduit par l'étude de Grossman (1972). Depuis, plusieurs papiers nous démontrent l'importance de dissocier la demande des soins de santé avec la demande de santé (Cropper, 1977; Muurinen, 1982) où la demande de soins de santé est une demande dérivée pour l'intrant de la fonction de production de la santé. On peut ainsi considérer la santé comme un bien de consommation qui apporte de l'utilité aux individus et est également un investissement à notre productivité. Selon le modèle de Grossman (1972), on naît avec une dotation de santé qui se détériore avec le temps. C'est cette détérioration qui mène vers une demande de santé sous la forme de fonction de production de la santé avec des intrants tels que les soins de santé, l'activité physique, l'alimentation et le mode de vie. Le concept de dotation initiale en santé a débouché sur plusieurs études impliquant les indicateurs de santé chez les enfants. Ici au Québec par exemple, on constate que des programmes

---

<sup>7</sup>De plus, Lemelin *et al.* (2020) confirme également la présence d'échantillonnage non aléatoire du programme. Le groupe traitement traitement et le groupe contrôle dans l'article de Lemelin *et al.* (2020) sont choisis et créés de façon séquentielle.

de nutrition lors de la grossesse comme le programme Oeuf-Lait-Orange (OLO) peuvent avoir des impacts significatifs sur la probabilité d'accoucher d'un enfant de faible poids (Haeck et Lefebvre, 2016). Aux États-Unis, un programme semblable a des effets similaires à celui du programme OLO (Bitler et Currie, 2005). D'autres programmes visant la santé mentale des femmes obtiennent des résultats significatifs lorsqu'il y a présence de sage-femme lors de la période de gestation (Dawson *et al.*, 1999; Sandner *et al.*, 2018). Les études en sciences économiques qui font des évaluations de programmes en santé sont nombreuses et continueront de l'être afin de pousser le financement ou l'amélioration de programmes peu coûteux et efficaces. Il est donc pertinent de parler de l'importance des indicateurs de santé. Le choix des indicateurs de santé se restreint à ce qui peut être présent dans la base de données administrative du CHUM. On utilisera le poids à la naissance, la durée de séjour de l'enfant et de la mère, le Score Apgar, la probabilité d'avoir une césarienne et la durée gestationnelle.<sup>8</sup>

Le poids à la naissance est l'indicateur de santé le plus populaire dans les études cliniques et en sciences économiques. Les études qui comparent le poids à la naissance entre jumeaux démontrent que cet indicateur a des effets à long terme significatifs dans le développement du statut socioéconomique des individus ainsi que sur d'autres facettes de leur vie personnelle. Par exemple, le poids à la naissance a une influence sur la taille et le salaire à l'âge adulte, le quotient intellectuel, la performance à l'école, les habiletés relationnelles ainsi que le poids à la naissance de son premier enfant (Hack *et al.*, 1994; Currie et Hyson, 1999; Hack *et al.*, 2002; Hediger *et al.*, 2002; Eide *et al.*, 2005; Black *et al.*, 2007; Breining *et al.*, 2015). L'étude de Leong *et al.* (2003) démontre aussi que le faible poids à la naissance ainsi que la macrosomie ont des effets significatifs sur l'obésité à l'âge

---

<sup>8</sup>La définition de la durée gestationnelle se retrouve dans l'appendice A.



adulte ce qui peut avoir des conséquences sur les maladies du cœur. Le poids à la naissance semble affecter la probabilité d'avoir certaines maladies chroniques, mais davantage d'études sont encore nécessaires afin d'apporter des conclusions plus fiables sur cette relation (Grjibovski *et al.*, 2005).

Par ailleurs, certaines études démontrent que les patientes atteintes de diabète gestationnel subissent plus de complications que la moyenne et par conséquent, la durée de séjour post-accouchement est significativement plus longue (Al-Hakeem, 2006; Ju *et al.*, 2008). Il est donc possible de considérer la durée de séjour comme un indicateur de complication chez la mère et chez l'enfant.

En ce qui concerne le score Apgar, celui-ci est donné par un test qui est fait à la première minute, la cinquième et la dixième minute après la naissance de l'enfant (Apgar, 2015). Ce dernier est fait par un médecin, un infirmier ou une sage-femme. Le pointage du test lors de la première minute détermine la tolérance de l'enfant à la procédure d'accouchement. Les résultats lors de la cinquième minute donnent un indice sur l'évolution de l'enfant en dehors du ventre de la mère. En conséquence, une attention médicale plus accrue est donnée à l'enfant lorsque le score Apgar est trop bas. Dans un cas extrême où un score bas persiste à la dixième minute, une décision peut être prise afin d'abandonner des efforts de réanimation. Le test analyse les cinq points suivants : Apparence, Pouls, Grimace, Activité et Respiration. Le médecin regarde la pigmentation de la peau, ce qui est relié à l'apparence de l'enfant. Par exemple, lorsque la peau est trop pâle ou qu'elle est bleuâtre, l'enfant reçoit un score de 0. Ensuite, le professionnel de santé prend le pouls de l'enfant. Si le battement est de plus de 100 pouls par minute, alors l'enfant reçoit 2 points. Les réflexes de l'enfant sont également observés suite à une stimulation, s'il réagit, fait une grimace ou crie. Le tonus musculaire, représentant l'aspect « activité », est mesuré par la résistance de l'enfant à l'extension de ses jambes et bras. Finalement, des points sont attribués

selon l'intensité de la respiration. Des études démontrent les risques associés à des scores Apgar trop bas. Par exemple, Casey *et al.* (2001) démontre qu'il y a un taux de mortalité néonatale de 315 pour chaque 1000 accouchements lorsqu'un nouveau-né obtient un score entre 0 et 3 à cinq minutes. Lorsqu'on compare avec des scores Apgar de 7 à 10 au même test, le taux de mortalité tombe à 5 pour 1000 accouchements. D'autres études démontrent que les survivants d'un score Apgar de 0 lors du test de la dixième minute semblent avoir des troubles neurologiques ou un développement neurologique anormal (Jain *et al.*, 1991; Kasdorf *et al.*, 2015).

Finalement, la prématurité est un indicateur de santé important, les enfants prématurés semblent avoir un développement moteur et social plus lent ou tardif (Duffy *et al.*, 1990; Hediger *et al.*, 2002). On retrouve également des admissions plus fréquentes à l'hôpital entre 3 mois et 5 ans après l'accouchement pour des enfants prématurés (Boyle *et al.*, 2012). En plus d'apporter des complications, une naissance prématurée mène à d'autres conséquences sur les indicateurs de santé mentionnés précédemment ou résulte de ces derniers. Par exemple, nous avons déjà mentionné que le diabète gestationnel tend à faire grossir un enfant plus que la moyenne, ce qui augmente le risque de naissance prématurée et peut forcer une césarienne. Cela va de soi, une complication engendre une durée de séjour plus longue pour l'enfant. Les impacts de la durée gestationnelle restent très corrélés avec l'impact des indicateurs cités dans cette section.

## CHAPITRE II

### PRÉSENTATION DE LA BASE DE DONNÉES

La base de données contient des données administratives qui sont extraites de la plateforme Power Performance Manager (PPM) ainsi que des données provenant du logiciel Maintenance et Exploitation des Données pour l'Étude de la Clientèle Hospitalière (MED-ÉCHO). PPM est une solution informatique développée par Power Santé qui permet de retracer le coût par parcours de soins et de services des patients de tous les établissements de santé du Québec. La collecte de données par le logiciel PPM prend en compte les patients dont l'épisode d'accouchement s'est terminé entre le 1er avril 2016 et le 31 mars 2017. MED-ÉCHO est une plateforme dont le ministère de la Santé et des Services Sociaux du Québec est propriétaire. Ce logiciel contient des renseignements clinico-administratifs associés aux soins et aux services donnés aux patients. L'extraction des données dans les deux logiciels permet d'obtenir une base de données contenant de l'information sur les 2 615 femmes qui ont accouché au CHUM entre le 1<sup>er</sup> avril 2016 et le 31 mars 2017.<sup>9</sup>

Parmi les patientes au CHUM, seules les patientes qui ont terminé leur trajectoire de grossesse sont sélectionnées. En d'autres mots, seulement celles qui ont donné

---

<sup>9</sup>15 patientes ont terminé leur épisode d'accouchement après le 1<sup>er</sup> avril 2016, mais ont accouché avant cette date.

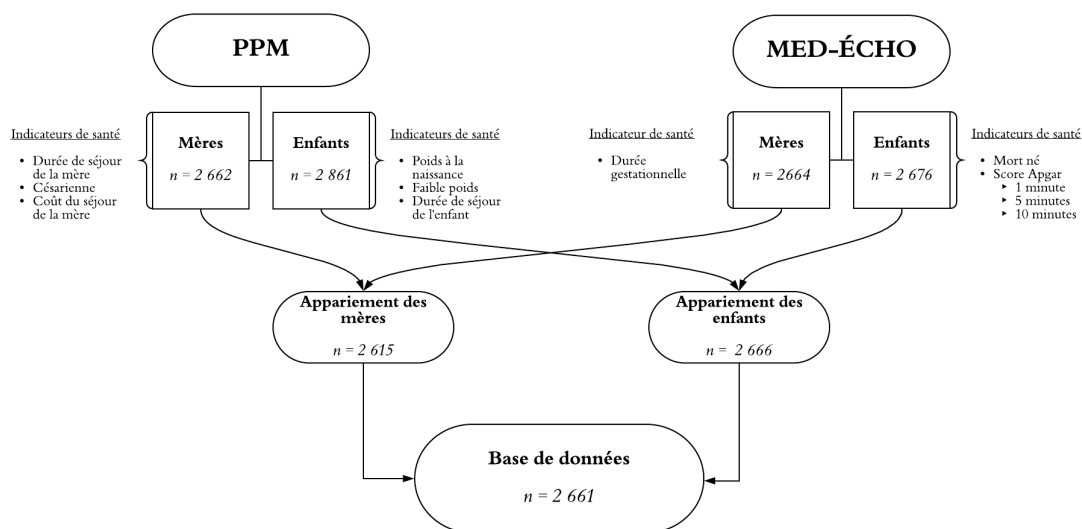
naissance entre le 1er avril 2016 et le 31 mars 2017 sont incluses dans nos observations. Les patientes qui accouchent d'un enfant mort-né dont le poids est de 500 grammes et plus sont également incluses dans notre base de données.<sup>10</sup> PPM permet également de retrouver chaque parcours de soins et de services des patientes dans notre base de données ce qui nous donne accès à tous les diagnostics regroupés pour la gestion (DRG), les codes de diagnostic ainsi que les interventions dans l'historique de la patiente au CHUM.<sup>11</sup> En totalité, 1 210 variables sont disponibles.

Les différentes bases de données contiennent des informations différentes autant pour les mères que pour les enfants. La figure 2.1 montre l'appariement des bases de données. On remarquera que les différents indicateurs se retrouvent dans plusieurs bases de données et il est donc nécessaire d'apparier les quatre bases de données. La base de données de PPM concernant les mères contient 2 662 observations uniques ainsi que la durée de séjour de la mère, une variable binaire indiquant si la patiente a subi une césarienne et le coût du séjour. La deuxième base de données provenant de PPM détient l'information sur les enfants qui sont nés au CHUM. Il y a 2 861 enfants nés au CHUM durant la période couverte. Le nombre plus élevé d'enfants que de mères s'explique par le fait qu'il y a des mères accouchant de plus qu'un enfant et que l'année fiscale se termine le 31 mars et ne prend pas en compte les épisodes qui ne sont pas terminés avant

---

<sup>10</sup>À des fins de reproduction de l'extraction, les patientes sont choisies selon le code de diagnostics CIM-10-CA qui commence par Z37. Ce code implique les types de naissances lors du séjour dans un établissement de santé.

<sup>11</sup>Toutes interventions externes au CHUM ne sont pas dans la base de données, la majorité des échographies dans la province de Québec, sont faites en clinique privée et ne sont pas disponibles.

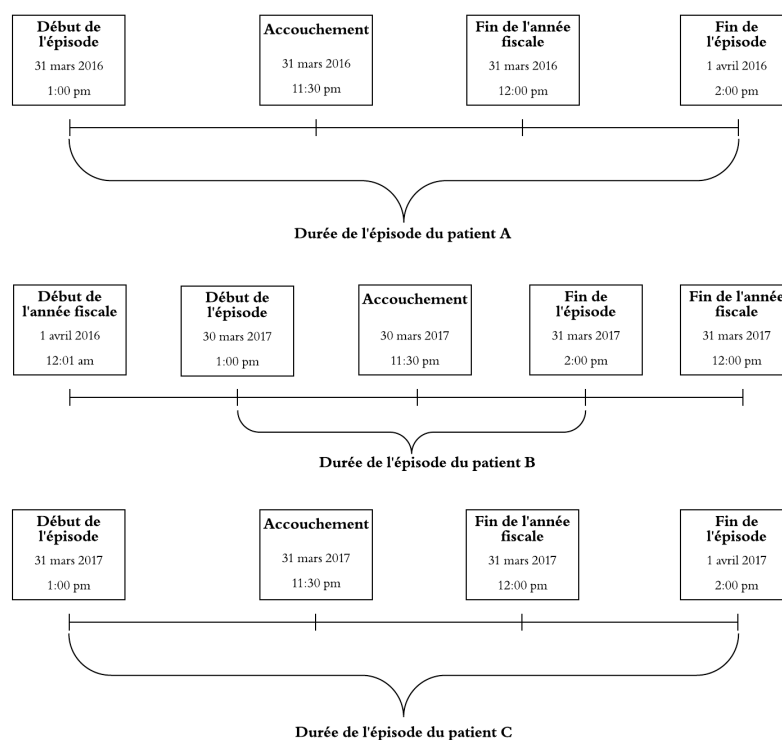


Note : Calculs de l'auteur à l'aide des bases de données PPM et MED-ÉCHO. PPM contient 2 662 mères et 2 861 enfants nés. MED-ÉCHO contient 2 664 mères et 2 676 enfants nés. Une fois apparié, on obtient 2 615 mères et 2 666 enfants nés pour un total de 2 661 observations. Le reste des enfants ont soit trop de données manquantes ou sont nés dans une autre année fiscale ce qui empêche l'appariement.

Figure 2.1: Organigramme représentant l'appariement des bases de données de PPM et MED-ÉCHO.

telle date comme nous l'expliquerons ci-dessous. La figure 2.2 démontre les trois cas possibles d'inclusion d'une patiente dans l'année fiscale 2016-2017. L'épisode représenté dans le haut de la figure contient un exemple d'exclusion d'une patiente dans l'année fiscale 2015-2016. L'épisode commence le 31 mars 2016 à 1:00 heure de l'après-midi et se termine le 1<sup>er</sup> avril 2016 à 2:00 de l'après-midi. Même si l'épisode commence durant l'année fiscale 2015-2016, l'épisode ne se termine pas avant la fin de l'année fiscale (31 mars à minuit) et est donc considéré comme un épisode de l'année fiscale 2016-2017. L'exemple dans le milieu de la figure consiste en un épisode qui commence après le début de l'année fiscale et se termine avant la fin de l'année fiscale. Le patient B est donc inclus dans l'année fiscale 2016-2017

et donc dans notre base de données. Finalement, l'exemple du bas montre un exemple similaire au premier. L'épisode commence durant l'année fiscale 2016-2017, mais se termine après 1<sup>er</sup> avril 2017 et n'est donc pas inclus dans notre appariement. Dans ce contexte, il est possible de comprendre pourquoi on perd autant d'observations dans la figure 2.1.



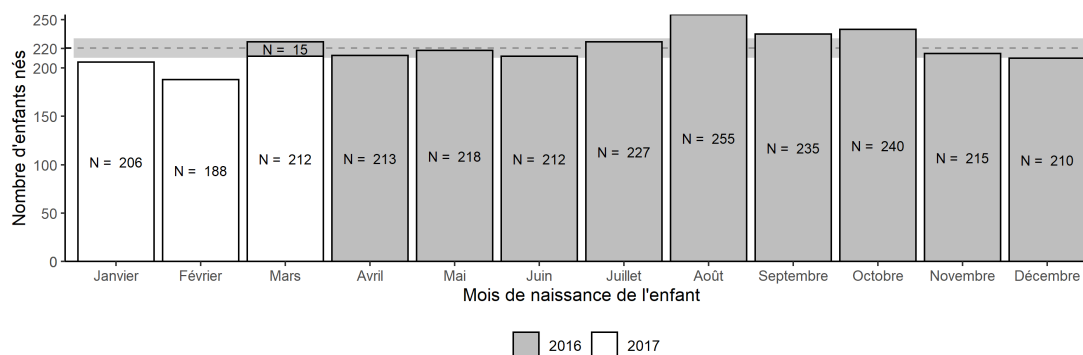
Note : La figure du haut démontre un épisode pour le patient A se terminant après la fin de l'année fiscale 2015-2016 et est donc exclue de l'année fiscale 2015-2016, mais incluse dans l'année fiscale 2016-2017. La figure du milieu représente la durée de l'épisode du patient B qui commence après le début de l'année fiscale 2016-2017 et se termine avant la fin de l'année fiscale 2016-2017 et est donc inclus dans cette même année fiscale. La figure du bas représente l'épisode du patient C se terminant après la fin de l'année fiscale 2016-2017 et sera donc exclue de cette année fiscale, mais incluse dans l'année fiscale 2017-2018.

Figure 2.2: Exemple fictif d'un épisode de soins et de service.

En ce qui concerne la distribution à travers l'année fiscale, cela ne semble pas

affecter le nombre de naissances par mois. La figure 2.3 montre le nombre de naissances par mois dans notre base de données. L'inclusion des enfants nés avant le 1<sup>er</sup> avril 2016 n'augmente pas significativement le nombre de naissances au mois de mars. La moyenne des enfants nés par mois est de 220,2 et celle de mars est de 227, ce qui est en dessous de la borne supérieure de l'intervalle de confiance de 230,5.

MED-ÉCHO présente 2 664 mères et 2 676 enfants. Une fois que l'appariement entre les mères est fait, on obtient 2 615 mères. Lorsqu'on fait l'appariement des enfants de PPM et MED-ÉCHO, on obtient 2 666 enfants. Finalement, une clé d'appariement est disponible pour relier les mères à leurs enfants sur une même base de données nous donnant ainsi 2 661 mères et enfants appariés. Parmi ces mères, 2 569 ont accouché d'un enfant unique et 46 mères ont accouché de jumeaux (92 enfants).



Note : Calculs de l'auteur à l'aide des bases de données PPM et MED-ÉCHO. Les enfants nés en 2017 sont identifiés en blanc et ceux nés en 2016 sont identifiés en gris. La ligne pointillée représente la moyenne des enfants nés mensuellement et la zone gris horizontale représente les intervalles de confiance à un seuil de 5 %. La somme n'étant pas de 2 661 enfants, il y a donc certains nouveau-nés dont l'information n'est pas disponible.

Figure 2.3: Distribution des naissances de l'année fiscale 2016-2017.

Parmi les 2 661 patientes que nous observons, 414 patientes sont atteintes du diabète gestationnel. Parmi ces 414 patientes, 351 n'ont pas accès au programme de télésoins alors que 63 sont admises dans le programme. Étant donné les biais de sélection pour l'éligibilité au programme de télésoins, les prochaines sous-sections prendront en compte que le groupe de patientes qui sont atteintes du diabète gestationnel. Les sous-sections suivantes discuteront des différences statistiques entre les patientes en télésoins atteintes du diabète gestationnel et celles qui ne sont pas admises en télésoins mais qui sont atteintes de diabète gestationnel.

## 2.1 Variables dépendantes

Cette sous-section nous permet de comparer les différentes variables dépendantes des patientes avec diabète gestationnel et en télésoins avec celles des patientes ayant du diabète gestationnel, mais sans admission au programme.

Les différentes variables dépendantes choisies ainsi que leur moyenne et les écarts-types se trouvent dans le tableau 2.1. La première colonne représente les statistiques pour l'ensemble des patientes ayant accouché au CHUM (avec et sans diabète gestationnel). La deuxième colonne représente les statistiques pour les patientes admises dans le programme de télésoins et qui sont atteintes de diabète gestationnel. La troisième contient les statistiques pour les personnes atteintes du diabète gestationnel et ne suivant pas le programme de télésoins. La dernière colonne correspond à la valeur-p du test d'hypothèse relatif entre la moyenne des patientes en télésoins à domicile et la moyenne des patientes qui sont atteintes de diabète gestationnel n'étant pas dans le programme de télésoins à domicile.

La première variable dépendante choisie est la durée de séjour de la mère. En moyenne, les patientes du CHUM restent 2,6 jours. Les patientes en télésoins à domicile restent 2,58 jours et celles atteintes de diabète gestationnel sans télésoins



restent plus longtemps, soit 2,7 jours. Cette différence de nombre de jours n'est pas statistiquement significative.

Tableau 2.1: Statistiques des variables dépendantes

	Ensemble des patientes	Diabète gestationnel avec télésoins	Diabète gestationnel sans télésoins	Valeur-p
Durée de séjour de la mère (En jours)	2,60 ( 1,22 )	2,58 ( 0,93 )	2,70 ( 1,35 )	0,37
Durée de séjour de la mère après l'accouchement (en jours)	2,12 ( 0,79 )	2,15 ( 0,78 )	2,16 ( 0,93 )	0,93
Coût du séjour (en dollars)	2734,08 ( 1551,34 )	2578,19 ( 997,90 )	2899,78 ( 1950,48 )	0,05
Césarienne (En proportion)	0,26 ( 0,44 )	0,21 ( 0,41 )	0,26 ( 0,44 )	0,35
Durée gestationnelle en jours (En jours)	275,15 ( 18,58 )	274,40 ( 9,43 )	274,38 ( 24,22 )	0,99
Durée de séjour de l'enfant	2,59 ( 2,89 )	2,59 ( 2,45 )	2,64 ( 2,75 )	0,88
Poids à la naissance (En kg)	3,30 ( 0,50 )	3,23 ( 0,37 )	3,25 ( 0,48 )	0,74
Est de faible poids (En proportion)	0,06 ( 0,23 )	0,02 ( 0,13 )	0,07 ( 0,25 )	0,01
Score Apgar à 1 minute	8,44 ( 1,49 )	8,35 ( 1,70 )	8,44 ( 1,51 )	0,71
Score Apgar à 5 minutes	8,84 ( 0,95 )	8,90 ( 0,78 )	8,84 ( 0,95 )	0,55
Score Apgar à 10 minutes	8,99 ( 0,77 )	9,05 ( 0,42 )	8,97 ( 0,67 )	0,21
Est mort-né (En proportion)	0,01 ( 0,07 )	0,00 ( 0,00 )	0,00 ( 0,05 )	0,32
Observations	2661	63	351	-

Note : Moyennes et écarts-types (entre parenthèses). Calculs de l'auteur à partir des données PPM et MED-ÉCHO.

La deuxième variable d'intérêt est le coût de séjour de la mère. En moyenne, les patientes du CHUM ont des coûts d'hospitalisation de 2 734,08 \$. En comparaison, les patientes admises en télésoins montrent des coûts moyens de 2 578,19 \$. Le coût d'hospitalisation est définitivement plus élevé pour les patientes non prises en charge par le programme de télésoins et atteintes de diabète gestationnel, ces dernières ayant un coût moyen de 2 899,78 \$. Cette différence est statistiquement significative.

Le taux de césarienne est de 26 % pour l'ensemble de l'échantillon. Pour les patientes du programme de télésoins à domicile, le taux diminue à 21 % et pour les patientes atteintes de diabète gestationnel non suivies le taux est le même que pour l'ensemble de l'échantillon soit de 26 %. Cependant, aucune différence statistiquement significative entre les deux moyennes n'est constatée. Les données ne sont pas aberrantes sachant que l'Institut canadien d'information sur la santé (2020a) confirme un taux de 25,1 % de césarienne pour le Québec et de 26,5 % pour la région métropolitaine de Montréal en 2016-2017.

La durée gestationnelle moyenne pour l'ensemble des patientes est de 275,15 jours soit 39,31 semaines. Chez les patientes admises dans le programme de télésoins à domicile, la durée gestationnelle moyenne est de 274,40 jours et pour les patientes atteintes du diabète gestationnel sans prise en charge, on a une durée moyenne de 274,38 jours. Les moyennes dans les deux groupes ne sont pas statistiquement différentes. La plupart des études utilisent la médiane plus que la moyenne, qui dans notre cas se situe à 277 jours pour l'ensemble des observations, 275 pour les patientes admises en télésoins et également pour les patientes atteintes de diabète gestationnel sans prise en charge. Cela concorde avec ce qui existe dans la littérature où on retrouve des résultats qui varient entre 276 et 284 jours selon la mesure utilisée pour obtenir le début de la gestation (Kieler *et al.*, 1995; Hoffman *et al.*, 2008).

La durée de séjour de l'enfant ici joue le rôle de *proxy* pour les complications qui peuvent subvenir lors de l'accouchement ou après l'accouchement. C'est cette variable qui risque de capter les conséquences du diabète gestationnel sur la santé de l'enfant. Le tableau 2.1 nous montre qu'en moyenne, les enfants nés au CHUM ont une durée de séjour de 2,59 jours. En comparaison, les télésoins ont la même moyenne que l'ensemble de l'échantillon et les enfants dont la mère est atteinte de diabète gestationnel non prise en charge dans le programme de télésoins, ont une moyenne de durée de séjour de 2,64 jours. Cette différence n'est pas statistiquement significative.

Le poids à la naissance reflète ici un autre *proxy* de la dotation initiale en santé de l'enfant. La moyenne pour l'ensemble des enfants est de 3,30 kilogrammes contre 3,23 kilogrammes et de 3,25 kilogrammes pour les enfants qui sortent du programme de télésoins et ceux dont la mère a du diabète gestationnel respectivement. Leur différence n'est pas statistiquement significative. Cependant, lorsqu'on calcule le taux de nouveau-nés qui sont de faibles poids, nous obtenons un taux de 6 % pour l'ensemble de l'échantillon. Les enfants dont la mère a du diabète gestationnel ont un taux plus élevé d'un point de pourcentage que l'ensemble de l'échantillon. Les enfants dont la mère a bénéficié du programme de télésoins à domicile quant à eux ont un taux moyen de 2 %, la différence est donc statistiquement significative.

Le score Apgar est mesuré à trois périodes. Le premier score est calculé lors de la première minute suivant la naissance. Le tableau 2.1 montre un résultat de 8,44 sur 10 en moyenne pour l'ensemble des nouveau-nés. Les femmes atteintes de diabète gestationnel ont la même moyenne et celles qui ont accepté le programme ont un score Apgar légèrement plus bas, soit 8,35. Aucune différence significative n'est observée. Le score Apgar calculé lors de la cinquième minute suivant l'accouchement est de 8,84 pour les nouveau-nés des patientes atteintes de

diabète gestationnel non prise en charge. Cette fois-ci, les enfants dont la mère participe au programme de télésoins à domicile ont en moyenne un score de 0,06 point de plus. Cependant, cette différence n'est pas statistiquement significative. Le dernier score Apgar, fait 10 minutes après la naissance, est le plus élevé en moyenne pour tous les groupes. En moyenne, il est de 8,99 pour l'ensemble des enfants, de 9,05 pour les enfants du programme de télésoins à domicile et de 8,97 pour les enfants dont la mère a du diabète gestationnel et n'était pas suivi en télésoins. Aucun des scores Apgar ne semble se différencier de façon significative entre les deux groupes visés.

La figure 2.4 démontre l'évolution du score Apgar à 1, 5 et 10 minutes en fonction de l'âge de la mère. La figure montre que seules les patientes non admises en télésoins ont eu des nouveau-nés avec un score Apgar de zéro. Dès la première minute, les enfants dont la mère a eu le traitement ont de meilleurs scores que les autres. La plupart des enfants se retrouvent avec un score de 6, 8 et 9. Pour les scores Apgar de 8 et 9, la moyenne d'âge de la mère est plus élevée que le reste des patientes y compris lorsqu'on compare aux patientes qui ne sont pas admises en télésoins. Cependant, il y a quelques enfants dont la mère a subi le traitement qui obtiennent un score Apgar de 1, 2, 3 ou 5. Dès la cinquième minute, ces résultats tendent à changer pour les deux groupes, la majorité des enfants dont la mère a été admise en télésoins se retrouvent avec un score Apgar de 9 ou 10. Il restera encore une masse autour du score Apgar de sept pour les enfants dont la mère a subi le traitement et soudainement il y a moins d'enfants avec un score de 2 ou 3 pour les enfants dont la mère n'a pas subi le traitement. Lors de la dixième minute, il y a une segmentation très claire, la plupart des enfants dans le groupe hors télésoins ont soit un score strictement plus petit que 3 ou plus grand que 5, mais l'évolution du score Apgar montre une convergence plus accrue sur un score de 6. Les enfants du programme ont tous un score Apgar de 8 ou plus

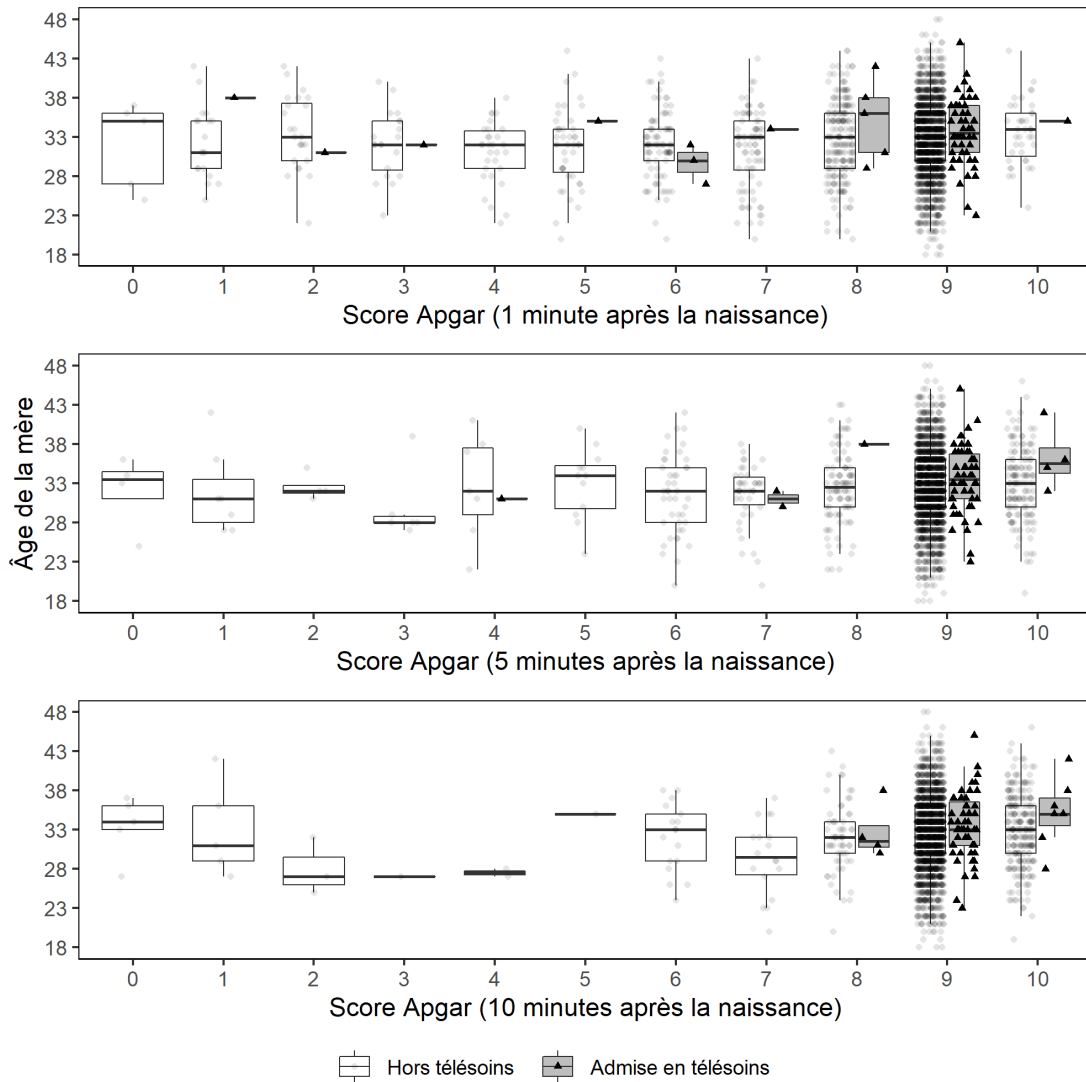


Figure 2.4: Distribution du score Apgar selon l'âge.

mais la convergence se retrouve autour du score 9. Cette figure démontre bien que même si l'impact ne semble pas significatif, l'âge de la mère ainsi que l'évolution du score Apgar dans le temps sont importants et le résultat semble différent entre les enfants dont la mère n'a pas été admise en télésoins et celles qui ont eu le droit au traitement.

Finalement, le nombre d'enfants mort-nés est de 1 % pour l'ensemble des patientes. Aucun enfant n'est mort-né parmi les mères qui ont subi le traitement et moins de 1 % des femmes dans le groupe de diabète gestationnel ont donné naissance à un enfant mort-né.

## 2.2 Variables explicatives

Cette section est divisée en trois parties. On présente premièrement les variables cliniques, par la suite les variables socioéconomiques et finalement les codes d'interventions et de diagnostics.

### 2.2.1 Variables cliniques

Cette sous-section se penche sur les caractéristiques cliniques des patientes. Plus précisément, le tableau 2.2 montre la moyenne et l'écart-type des variables cliniques de l'ensemble des patientes, des patientes en télésoins et des patientes qui sont atteintes de diabète gestationnel n'ayant pas subi de traitement.

En théorie, la présence d'obstétriciens et de gynécologues est corrélée avec certaines complications, car les deux spécialités peuvent faire plus d'interventions (Daysal *et al.*, 2019). Comme le démontre le tableau 2.2, les personnes en télésoins sont prises en charge par un obstétricien ou un gynécologue 83 % du temps contre 80 % du temps en moyenne pour l'ensemble de la cohorte. Par conséquent, elles sont prises en charge moins souvent que les autres par leur médecin de famille ou tout autre spécialiste. Statistiquement, cette différence n'est pas significative entre le groupe de télésoins à domicile et celles qui sont atteintes de diabète gestationnel.

Le tableau 2.2 détaille également l'historique des accouchements antérieurs. Le

Tableau 2.2: Statistiques cliniques

	Ensemble des patientes	Diabète gestationnel avec télésoins	Diabète gestationnel sans télésoins	Valeur-p
<u>Spécialiste lors de l'accouchement</u>				
Obstétricien (En %)	40,14 ( 49,03 )	46,03 ( 50,25 )	41,88 ( 49,41 )	0,55
Gynécologue (En %)	40,40 ( 49,08 )	36,51 ( 48,53 )	38,75 ( 48,79 )	0,74
Médecin de famille ou autre (En %)	19,46 ( 39,60 )	17,46 ( 38,27 )	19,36 ( 39,58 )	0,72
<u>Historique d'accouchement</u>				
Nombre d'enfants antérieurs nés à terme	0,66 ( 0,85 )	0,57 ( 0,76 )	0,89 ( 0,99 )	0,00
Nombre d'enfants antérieurs prématurés	0,05 ( 0,26 )	0,06 ( 0,30 )	0,07 ( 0,33 )	0,80
Nombre d'avortement antérieurs	0,66 ( 1,08 )	0,54 ( 0,91 )	0,79 ( 1,40 )	0,07
Nombre total d'enfants antérieurs nés vivants	0,68 ( 0,87 )	0,60 ( 0,77 )	0,92 ( 0,99 )	0,01
Nombre d'enfants nés à l'aide de technique de procréation assistée	0,07 ( 0,25 )	0,06 ( 0,25 )	0,06 ( 0,24 )	0,98
Observations	2661	63	351	-

Note : Moyennes et écarts-types (entre parenthèses). Calculs de l'auteur à partir des données PPM et MED-ÉCHO.

nombre d'enfants nés à terme avant l'accouchement actuel est de 0,66 en moyenne.<sup>12</sup> Les patientes en télésoins ont moins d'enfants statistiquement que notre groupe de comparaison. Les patientes en télésoins à domicile ont en moyenne 0,57 enfant avant cet accouchement, mais celles avec du diabète gestationnel ont en moyenne

<sup>12</sup>Ici, le nombre d'enfants antérieurs nés à terme inclus les enfants mort-nés, les avortements et les enfants nés vivants.

0,89 enfant. Cette différence est significative.

Très peu d'enfants antérieurs à l'accouchement actuel sont nés prématurés. En moyenne, 0,05 enfants sont nés prématurés pour les 2661 patientes, 0,06 enfants sont nés prématurés pour les enfants dont la mère est sous le programme de télésoins à domicile. Les mères atteintes de diabète gestationnel ont eu en moyenne 0,07 enfants prématurés. Les différences ne sont pas statistiquement significatives.

Le nombre d'avortements avant l'accouchement est statistiquement significatif à un seuil de 10 % entre les deux groupes de comparaison. Le groupe de télésoins a un nombre d'avortements de 0,54 et celles avec du diabète gestationnel ont un nombre d'avortements de 0,79.

Le dernier élément dans l'historique de grossesse est la proportion d'enfants nés à l'aide de techniques de procréation assistée. En général, 7 % des enfants dans notre cohorte sont nés à l'aide de technique de procréation assistée, peu importe le groupe auquel l'enfant appartient. Cette statistique n'est donc pas significative.

### 2.2.2 Variables socioéconomiques

Cette sous-section décrit les caractéristiques socioéconomiques des individus de l'étude. Le tableau 2.3 contient les moyennes et les écarts-types des variables socioéconomiques de l'ensemble des patientes, des patientes en télésoins et des patientes qui sont atteintes de diabète gestationnel n'ayant pas subi le traitement. Finalement, la dernière colonne représente la valeur-p associée à la différence de moyenne entre le groupe sous traitement et les personnes atteintes de diabète gestationnel.

L'ensemble des patientes sont âgées de 32,54 ans. Les patientes en télésoins sont légèrement plus âgées avec un âge moyen de 33,67. En comparaison, les personnes



avec du diabète gestationnel n'ayant pas accès au programme de télésoins sont âgées de 33,47 ans sans aucune différence significative. La figure 2.5 représente la distribution de l'âge pour les mères admises en télésoins (bas de la figure) et le reste de la base de données incluant celles qui n'ont pas de diabète gestationnel (haut de la figure). On remarque que la proportion des patientes âgées entre 30 et 38 ans est plus importante pour les patientes admises en télésoins. Plus particulièrement, on remarque une proportion plus élevée de patientes âgées de 33, 35, 37 et 38 ans comparativement aux autres patientes. Cela peut être dû au fait qu'il y a un faible nombre de patientes admises en télésoins. Il est possible que le programme de télésoins bénéficie à des patientes dans cette tranche d'âge.

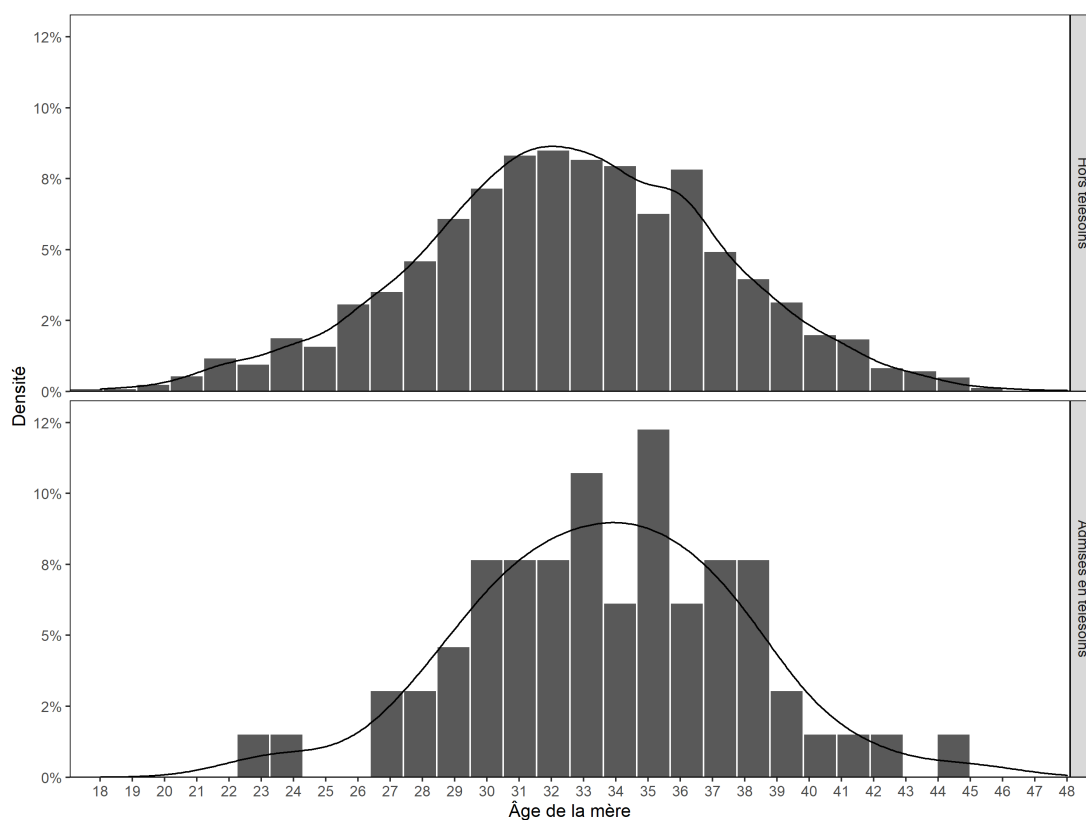


Figure 2.5: Densité de l'âge des mères selon l'admission au programme de télésoins à domicile.

Le taux de Canadiennes dans notre base de données est de 52 %. Chez les patientes admises dans le programme, seulement 41 % sont d'origine canadienne. Ce taux diminue à 38 % chez les personnes atteintes de diabète gestationnel et ne bénéficiant pas des télésoins. Même si cette différence n'est pas statistiquement significative, les valeurs sont aberrantes selon Statistique Canada (2019) où seulement 25 % de la population de la région métropolitaine de recensement de Montréal est née à l'extérieur du Canada. En contraste avec des chiffres qui montrent des valeurs au-delà de 40 % et 50 %, l'endroit de naissance de la mère semble avoir un biais trop important pour être utilisé comme variable de contrôle. Cela peut être expliqué par la nature de la variable. Cette donnée est recueillie lors de l'admission à l'hôpital, mais la rigueur de la collecte ne semble pas être prioritaire.<sup>13</sup>

La nature des télésoins à domicile permet aux patientes d'éliminer le coût associé aux déplacements. Cependant, on constate que la majorité des patientes sont résidentes de la métropole. Plus précisément, 90 % des patientes en télésoins proviennent de Montréal contre 81 % pour les patientes qui ont du diabète gestationnel et qui ne sont pas prises en charge, ce qui est une différence statistiquement significative.

L'état civil est une des variables qui montre une stabilité chez les patientes en télésoins. Il y a 10 % des patientes dans notre base de données qui sont célibataires contre seulement 5 % chez les patientes issues du programme de télésoins à domicile. Les patientes célibataires atteintes de diabète gestationnel sans télésoins représentent 8 % de leur groupe. Cette différence n'est toutefois pas significative.

---

<sup>13</sup>Lors de l'admission, les personnes responsables de l'entrée d'information ont 41 options disponibles pour l'origine ethnique. L'option la plus populaire est *autres pays*, qui a été sélectionnée à 606 reprises. Il y a clairement un manque de rigueur lors de la sélection du pays d'origine à l'admission.

Tableau 2.3: Statistiques socioéconomiques

	Ensemble des patientes	Diabète gestationnel avec télésoins	Diabète gestationnel sans télésoins	Valeur-p
Âge de la mère	32,54 ( 4,66 )	33,67 ( 4,17 )	33,47 ( 4,88 )	0,74
Canadienne	0,52 ( 0,50 )	0,41 ( 0,50 )	0,38 ( 0,49 )	0,68
Habite à Montréal	0,83 ( 0,38 )	0,90 ( 0,30 )	0,81 ( 0,39 )	0,04
Célibataire	0,10 ( 0,30 )	0,05 ( 0,21 )	0,08 ( 0,27 )	0,34
Mariée	0,45 ( 0,50 )	0,56 ( 0,50 )	0,57 ( 0,50 )	0,80
Div/Sep/Veuve	0,01 ( 0,09 )	0,00 ( 0,00 )	0,01 ( 0,12 )	0,03
Conjoint de fait	0,44 ( 0,50 )	0,40 ( 0,49 )	0,34 ( 0,47 )	0,37
Observations	2661	63	351	-

Note : Moyennes et écarts-types (entre parenthèses). Calculs de l'auteur à partir des données PPM.

La proportion des femmes mariées dans notre groupe atteint 45 %, dans le groupe de patientes qui participent au programme de télésoins, on obtient une proportion de 56 % et de 57 % pour le groupe avec des patientes atteintes de diabète gestationnel sans prise en charge. Aucune patiente en télésoins n'est divorcée, séparée ou veuve. Elles se différencient significativement du groupe privé du programme qui a 1 % de leurs patientes qui sont divorcées, séparées ou veuves. Les conjointes de fait correspondent à 44 % de la base de données. En comparaison, 40 % des patientes admises en télésoins sont conjointes de fait. Les patientes atteintes de diabète gestationnel sans télésoins qui sont conjointes de fait représentent 34 % de leur groupe. Cette différence n'est pas significative.

## 2.3 Interventions et diagnostics

La liste des interventions et diagnostics est exhaustive avec au-dessus de 1000 variables représentatives. Même si ces données sont riches en détail, elles semblent peu varier de patiente en patiente. À l'exception de quelques interventions et diagnostics communs lors de la trajectoire de grossesse, très peu d'interventions et de diagnostics sont attribués à plus d'une patiente. Comme mentionné en introduction, les méthodes d'apprentissage automatique se nourrissent des données pour mieux classifier. Une variable avec très peu de variances ne permet pas aux algorithmes d'obtenir davantage d'information et peut causer des biais ou du *overfitting*. Cependant, les codes d'interventions et de diagnostics présentent une logique de classification qui nous permet de créer des groupes d'interventions et de diagnostics contenant plus de variances. En plus de cela, on remarque que certaines études qui font appel à des méthodes d'apprentissage automatique utilisent des modifications comme celles qui seront présentées (Cheng *et al.*, 2016; Pham

Tableau 2.4: Exemple de décomposition de la structure de la CCI.

Section	Groupe	Intervention	Qualificateur		
A	AA	AA	AA	BB	B
5	LD	31	CK	12	-

Note : Exemple provenant de l'Institut canadien d'information sur la santé (2020b). Le code d'intervention utilisé représente une stimulation du travail par administration vaginale d'un agent ocytocique après le début du travail.

A = Alphanumérique

B = Alphanumérique ou laissé vide

*et al.*, 2017).

Selon l'Institut canadien d'information sur la santé (2020b), la classification canadienne des interventions (CCI) en santé a une structure générale pour les codes d'interventions. Le tableau 2.4 reprend l'exemple de l'Institut canadien d'information sur la santé (2020b) du code 5.LD.31.CK-12 qui représente une stimulation du travail par administration vaginale d'un agent ocytocique après le début du travail. Chaque code est doté de 10 caractères alphanumériques dont les 7 premiers sont obligatoires.

Le premier caractère représente la section dans laquelle l'intervention est classifiée. Il y a sept sections allant de 1 à 8 en excluant la section 4.

Section 1 - Interventions thérapeutiques physiques et physiologiques

Section 2 - Interventions diagnostiques

Section 3 - Interventions d'imagerie diagnostique

Section 5 - Interventions obstétriques et fœtales

Section 6 - Interventions thérapeutiques cognitives, psychosociales et sensorielles

Section 7 - Autres interventions médicales

Section 8 - Interventions thérapeutiques renforçant le système immunitaire et/ou la composition génétique

Sans surprise, la majorité des interventions dans notre base de données se retrouve dans la section 5. Afin de simplifier le code, il est donc possible de retenir uniquement les trois premiers caractères du code d'intervention. Après réflexion, on remarquera que la variance reste faible même après la segmentation du code.

Selon le guide de la CCI (Institut canadien d’information sur la santé, 2020b), il est même possible de simplifier les codes d’intervention en ne gardant que les deux premiers caractères de ces derniers. Chaque sous-section fait appel à un groupe d’intervention indépendant du troisième caractère. La description des groupes concernant nos patientes se retrouve dans le tableau 2.5. Grâce à cette manœuvre, on obtient des variables qui ressemblent moins à des constantes et permettent une analyse qui sera faite par les méthodes d’apprentissage automatique sans perte d’information.

Tableau 2.5: Liste des cinq regroupements d’interventions les plus fréquentes avant et lors de l’accouchement pour toutes les patientes.

Regroupement d’intervention	Description	Total
5.L	Évaluation du travail	3083
5.M	Interventions lors de l’accouchement [Naissance]	2775
5.P	Interventions diagnostiques postpartum	1910
5.A	Interventions ante partum	1515
8.Z	Interventions thérapeutiques renforçant le système immunitaire et/ou la composition génétique contre la fièvre jaune	197

Note : Calculs de l’auteur. Données provenant de PPM. Les descriptions sont celles fournies par l’Institut canadien d’information sur la santé (2020b). En tout, il y a 33 regroupements d’interventions mais le reste des regroupements contient  $N < 100$  observations et donc à des fins éthiques, on ne montre pas la liste complète.

Le problème est sensiblement le même pour les codes de diagnostics. Une information trop précise implique peu de variances dans nos données. Heureusement, le manuel d’instruction du système de classification international des maladies

fourni par le World Health Organization *et al.* (2004) nous donne plus de détails sur la construction des codes. La section 3.1.2 du manuel d’instruction nous apprend que les codes sont divisés en deux parties, soit un terme d’inclusion et un terme d’exclusion. Généralement, le terme d’inclusion est compris dans les trois premiers termes, mais il y a quelques exceptions. Étant donné qu’on ne peut pas avoir accès au manuel détaillé de la CIM-10CA, on fait l’hypothèse que le groupe d’inclusion ne sera formé que des trois premiers caractères. On se retrouve donc avec un regroupement similaire à celui fait aux codes d’interventions. Le tableau 2.6 contient les groupes de diagnostic qui ont été attribués dans le dossier des patientes ainsi que leur description.

Tableau 2.6: Liste des regroupements de diagnostics avant et lors de l’accouchement pour toutes les patientes.

Regroupement de diagnostic	Description	Total
Z37	Résultat de l’accouchement	2661
O70	Déchirure obstétricale du périnée	1821
O99	Autres maladies de la mère classées ailleurs, mais compliquant la grossesse, l’accouchement et la puerpéralité	1770
O68	Travail et accouchement compliqués d’une détresse fœtale	858
O62	Anomalies de la contraction utérine et de la dilatation du col	641
Z22	Sujet porteur de germes responsables d’une maladie infectieuse	579
O48	Grossesse prolongée	397

Regroupement de diagnostic	Description	Total
O72	Hémorragie du post-partum	279
Z35	Surveillance d'une grossesse à haut risque	266
O69	Travail et accouchement compliqués d'anomalies du cordon ombilical	185
Z29	Nécessité d'autres mesures prophylactiques	185
O60	Travail prématuré avec l'accouchement	168
O75	Autres complications du travail et de l'accouchement, non classées ailleurs	160
Z86	Antécédents personnels de certaines autres mal- adies	111
O98	Maladies infectieuses et parasitaires de la mère classées ailleurs mais compliquant la grossesse, l'accouchement et la puerpéralité	104
O66	Autres dystocies	100

Note : calculs de l'auteur. Données provenant de PPM. En tout, il y a 468 regroupements d'interventions mais le reste des regroupements contient  $N < 100$  observations et donc à des fins éthiques, on ne montre pas la liste complète.



## CHAPITRE III

### MODÉLISATION

Nous avons déjà fait allusion au fait que le groupe contrôle utilisé dans le papier de Lemelin *et al.* (2020) démontre que la sélection des patientes favorise la conclusion selon laquelle le programme serait une réussite. Présentement, nous savons qui est admise au programme de télésoins à domicile, mais nous ignorons qui est éligible au programme dans notre base de données. Non seulement il nous est impossible de retrouver les patientes éligibles avec exactitude, mais la plupart des informations qui nous permettent de les identifier ne nous sont pas disponibles. Les prochaines sections expliquent comment nous configurons les méthodes d'apprentissage automatique la méthode de classification utilisée.

#### 3.1 Classification

Dans cette section, nous expliquons comment nous segmentons notre base de données afin d'utiliser les méthodes d'apprentissage automatique. Nous définissons également la méthode de classification Ridge qui est celle que nous utilisons pour construire notre groupe contrôle.<sup>14</sup> Cependant, ce n'est pas la seule méthode qui a

---

<sup>14</sup>Les explications concernant les méthodes d'apprentissage automatique proviennent des livres *The elements of statistical learning : data mining, inference, and prediction* de Friedman *et al.* (2001) et *An introduction to statistical learning : with application in R* de James *et al.* (2013).

été testée pour recréer un groupe contrôle. Le lecteur intéressé par le résultat des autres méthodes est invité à lire les définitions de ces méthodes dans l'appendice.

Tableau 3.1: Échantillons pour la classification

Échantillon	Description
Échantillon 1	Toutes les patientes diagnostiquées avec le diabète gestationnel n'étant pas admises dans le programme de télésoins. Ce groupe servira pour créer le groupe contrôle. $N = 351$
Échantillon 2	Patientes qui n'ont pas été incluses dans l'échantillon 1. Cet échantillon inclus les patientes admises dans le programme de télésoins ainsi que tous les autres patientes qui ne sont pas atteintes de diabète gestationnel. $N = 2310$
	Cet échantillon est ensuite divisé en deux groupes de proportion suivante :
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 90 % des patientes de l'échantillon 2. (<math>N = 2076</math>)</li> <li>• 10 % des patientes de l'échantillon 2. (<math>N = 234</math>)</li> </ul>

Afin de tester notre méthode de classification tout en tenant compte du critère de sélection le plus important (être atteinte de diabète gestationnel), notre groupe contrôle ne doit contenir que des patientes qui sont atteintes de diabète gestation-

nel. Pour cela, nous formons l'échantillon 1 en ne sélectionnant que des patientes atteintes de diabète gestationnel mais n'ayant pas accès aux télésoins. Le reste de la population formera l'échantillon 2. L'échantillon 2 sera par la suite divisé en deux autres groupes de façon aléatoire et avec des proportions de respectivement 90 % et 10 %. Le sous-échantillon qui représente 90 % de l'échantillon 2 servira d'ensemble d'entraînement pour nos modèles. Le sous-échantillon restant sera utilisé comme un ensemble test. Une fois que les paramètres de notre modèle seront choisis, on peut commencer la classification des patientes atteintes de diabète gestationnel sans télésoins (patientes formant l'échantillon 1) selon les caractéristiques présentes dans leur épisode de soins. On cherche les caractéristiques principales qui nous permettent d'identifier les patientes atteintes de diabète gestationnel qui ressemblent aux patientes admises dans le programme de télésoins à domicile. Le tableau 3.1 permet de mieux saisir l'échantillonnage effectué grâce au nom de l'échantillon et la description de celui-ci.

La variable à prédire est une variable binaire qui prend une valeur unitaire lors d'une admission dans le programme de télésoins à domicile et prend la valeur de zéro lorsqu'une personne n'est pas admise en télésoins:

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{avec probabilité } p \\ 0 & \text{avec probabilité } 1 - p. \end{cases} \quad (3.1)$$

Afin d'observer le taux d'erreur, l'utilisation d'une matrice de confusion sera incluse. Une matrice de confusion dont le résultat est binaire comporte quatre classements possibles. Un exemple d'une matrice de confusion se retrouve dans le tableau 3.2. On obtient un résultat vrai négatif lorsque notre prédiction classe correctement une patiente qui n'est pas admise en télésoins ( $\hat{y}_i = 0$ ), résultat qui se retrouve sur la première ligne et première colonne. Dans le cas contraire, où le modèle classe incorrectement une patiente qui n'est pas admise en télésoins

( $\hat{y}_i = 1$ ), on obtient le résultat de la première ligne et de la deuxième colonne, soit un faux positif. La première ligne représente donc la classification des patientes qui ne sont pas admises dans le programme de télésoins ( $y_i = 0$ ). La deuxième ligne et première colonne représente une mauvaise classification des patientes admises en télésoins ( $\hat{y}_i = 0$ ). Le résultat est donc un faux négatif. Le dernier résultat possible est le vrai positif, ce résultat correspond à une classification correcte d'une patiente admise en télésoins ( $\hat{y}_i = 1$ ). La deuxième ligne d'une matrice de confusion représente la classification des patientes admises en télésoins ( $y_i = 1$ ).

Tableau 3.2: Exemple d'une matrice de confusion

Valeur observée	Prédiction	
	$\hat{y}_i = 0$	$\hat{y}_i = 1$
$y_i = 0$	Vrai négatif	Faux positif
$y_i = 1$	Faux négatif	Vrai positif

L'obstacle à franchir dans les résolutions des méthodes d'apprentissage automatique est de trouver les hyperparamètres. Les hyperparamètres sont des paramètres qui doivent être choisis pour mieux contrôler l'apprentissage des algorithmes. Les prochaines sections expliqueront la validation croisée, la méthode de classification Ridge ainsi que des métriques de performance.

### 3.1.1 Validation croisée

Étant donné le nombre relativement bas d'observations, nous utiliserons l'approche par validation croisée afin de valider notre classification. On suppose que la forme fonctionnelle de la classification d'une patiente en télésoins prend une forme telle

que  $y_i = f(x_i) + \epsilon_i$  où  $f(x_i)$  est la forme fonctionnelle que nous cherchons et  $\epsilon_i$  est un terme d'erreur.

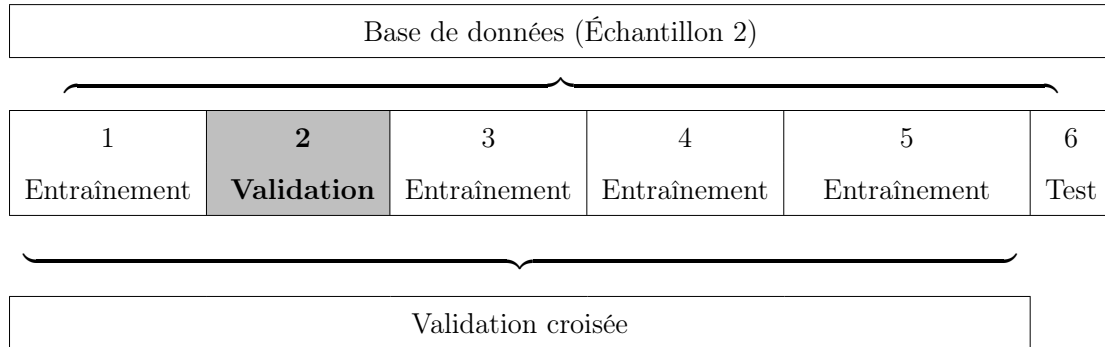


Figure 3.1: Exemple de répartition de la base de données par validation croisée avec  $K = 5$ .

La validation croisée consiste à séparer l'ensemble en deux. Le premier ensemble sert à approximer la forme fonctionnelle et le second, qui est arbitrairement plus petit que l'ensemble d'entraînement, servira à mesurer la capacité de classification hors échantillon. Suite à cela, on divise l'ensemble d'entraînement en  $K \leq N$  échantillons et de façon aléatoire, sauf lorsque  $K = N$ . On estime la forme fonctionnelle avec  $K - 1$  ensembles et l'on valide avec l'ensemble exclu, comme on le ferait normalement avec un ensemble de validation. La figure 3.1 montre un exemple de validation croisée avec  $K = 5$ . On estime un modèle avec les sous-échantillons 1,3,4 et 5 et on estime le taux d'erreur de classification. On estime un modèle à nouveau avec les sous-échantillons 1, 2, 4 et 5 et on estime le taux d'erreur de classification. On continue ainsi en validant avec les  $K$  échantillons et s'entraînant avec le  $K - 1$  échantillons restants. On peut ensuite prendre le taux d'erreur de classification moyen avec l'équation 3.2.

$$CV_K = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^k I(y_i \neq \hat{y}_i). \quad (3.2)$$

La partie  $I(y_i \neq \hat{y}_i)$  indique une erreur de classification du modèle choisi et donc

$CV_K$  représente le taux d'erreur de l'échantillon  $K$ . L'équation 3.2 est appliquée à chacune des méthodes de classification se retrouvant dans les sections suivantes.

### 3.1.2 Classification Logit

Les prochaines sous-sections contiennent des modèles de classification logit avec pénalité. Notre variable à prédire n'est pas continue et on favorise l'utilisation de maximum de vraisemblance afin d'avoir de meilleurs estimateurs. Nous avons  $k$  classes pour  $k = 0, 1$  pour identifier les patientes qui ne sont pas admises en télésoins et celles qui sont admises en télésoins. On maximise la vraisemblance à l'aide de la fonction logit suivante :

$$\max_{\beta} \ell(\beta) = \max_{\beta} \sum_{i=1}^N \left\{ y_i \log \Pr(x_i; \beta) + (1 - y_i) \log(1 - \Pr(x_i; \beta)) \right\} \quad (3.3)$$

où  $\Pr(x_i; \beta)$  est la probabilité conditionnelle de  $(y_i = k | X = x_i; \beta)$  :

$$\Pr(x_i; \beta) = \frac{e^{\beta_0 + \sum_{j=1}^p x_{i,j} \beta_j}}{1 + e^{\beta_0 + \sum_{j=1}^p x_{i,j} \beta_j}} = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \sum_{j=1}^p x_{i,j} \beta_j)}} \quad (3.4)$$

Grâce aux équations 3.3 et 3.4, on peut simplifier le tout et obtenir la fonction suivante :

$$\max_{\beta} \ell(\beta) = \sum_{i=1}^N \left\{ y_i \left( \beta_0 + \sum_{j=1}^p x_{i,j} \beta_j \right) - \log \left( 1 + e^{\beta_0 + \sum_{j=1}^p x_{i,j} \beta_j} \right) \right\} \quad (3.5)$$

En appliquant les conditions de premier et second ordre, on obtient :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ell(\beta)}{\partial \beta} &= \sum_{i=1}^N x_i (y_i - \Pr(x_i; \beta)) = 0 \\ &= \mathbf{X}'(\mathbf{y} - \mathbf{Pr}) \end{aligned} \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \ell(\beta)}{\partial \beta \partial \beta'} &= - \sum_{i=1}^N (x_i x_i' \Pr(x_i; \beta) (1 - \Pr(x_i; \beta))) \\ &= - \mathbf{X}' \mathbf{W} \mathbf{X} \end{aligned} \quad (3.7)$$

La condition de premier ordre (3.6) nous permet de maximiser la vraisemblance (3.3). Cependant,  $\mathbf{Pr}(x_i; \beta)$  peut prendre une multitude de réponses et il est donc nécessaire de passer par l'algorithme de Newton-Raphson afin de résoudre ce problème. Cet algorithme consiste à faire une mise à jour du coefficient sur plusieurs itérations en ajoutant le quotient de la fonction qu'on cherche à approximer à zéro sur sa dérivée première. Dans notre cas, le coefficient est tout simplement les valeurs de  $\beta$  et la fonction à approximer est la condition de premier ordre et sa dérivée est la matrice hessienne que l'on a trouvé dans l'équation 3.7. L'équation 3.8 montre un exemple de l'algorithme de Newton-Raphson.

$$x_1 = x_0 + \frac{f(x_0)}{f'(x_0)} \rightarrow \beta_1 = \beta_0 + (\mathbf{X}'\mathbf{W}\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'(\mathbf{y} - \mathbf{Pr}) \quad (3.8)$$

En réarrangeant les expressions dans l'équation 3.8, on peut simplifier le tout et obtenir l'équation suivante:

$$\beta_1 = (\mathbf{X}'\mathbf{W}\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{W}\mathbf{z} \quad (3.9)$$

où  $\mathbf{z} = \mathbf{X}\beta_0 + \mathbf{W}^{-1}(\mathbf{y} - \mathbf{Pr})$ . À force de faire plusieurs itérations tout en mettant à jour la matrice de poids  $\mathbf{W}$ , on obtient une valeur pour  $\beta_1$  de sorte qu'elle minimise la différence  $(\mathbf{y} - \mathbf{p})$ :

$$\beta_1 \rightarrow_{\beta} (\mathbf{z} - \mathbf{X}\beta)' \mathbf{W} (\mathbf{z} - \mathbf{X}\beta). \quad (3.10)$$

Suite à cela, on peut calculer la probabilité d'être classifié dans la classe  $k$ . Pour les prochaines sous-sections, on utilisera l'équation 3.5 comme fonction à maximiser dans les classifications Ridge et Lasso. L'équation 3.9 sera référée afin de comprendre les restrictions sur les coefficients.

### 3.1.3 Classification Ridge

La régression Ridge ajoute une pénalité au maximum de vraisemblance de l'équation 3.5. On retrouve donc un lagrangien avec la forme suivante :

$$\ell(\beta) = \sum_{i=1}^N \left\{ y_i \left( \beta_0 + \sum_{j=1}^p x_{i,j} \beta_j \right) - \log \left( 1 + e^{\beta_0 + \sum_{j=1}^p x_{i,j} \beta_j} \right) \right\} + \frac{1}{2} \lambda \sum_{j=1}^p \beta_j^2 \quad (3.11)$$

où le paramètre  $\lambda$  est celui qui inflige la pénalité. Plus le paramètre  $\lambda$  est grand, plus la pénalité est grande et plus la taille des coefficients diminuent. En appliquant l'algorithme de Newton-Raphson, on obtient une variation de l'équation 3.9:

$$\hat{\beta} = (\mathbf{X}'\mathbf{W}\mathbf{X} + \lambda\mathbf{I})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{W}\mathbf{z} \quad (3.12)$$

On comprend donc pourquoi une valeur de  $\lambda \rightarrow \infty$  force le coefficient  $\hat{\beta}$  à diminuer.

### 3.1.4 Classification Lasso

La classification Lasso (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) est connue pour réduire la taille des coefficients à zéro. Cette classification, comme la classification Ridge, ajoute une pénalité différente au maximum de vraisemblance. On retrouve le maximum de vraisemblance avec la pénalité absolue sous la forme suivante :

$$\ell(\beta) = \sum_{i=1}^N \left\{ y_i \left( \beta_0 + \sum_{j=1}^p x_{i,j} \beta_j \right) - \log \left( 1 + e^{\beta_0 + \sum_{j=1}^p x_{i,j} \beta_j} \right) \right\} + \lambda \sum_{j=1}^p |\beta_j| \quad (3.13)$$

où  $p$  est le nombre de régresseurs en excluant la constante. Il suffit d'appliquer la méthode de Newton-Raphson pour obtenir notre coefficient. Le principal avantage de cette méthode est de réduire la taille de certains coefficients à une valeur nulle et non vers une valeur nulle comme le fait la méthode de classification Ridge.



### 3.1.5 Classification Elastic-Net

La méthode Lasso est efficace dans notre situation, car nous avons beaucoup de variables. Cependant, les prédicteurs les plus importants ne sont probablement pas dans notre base de données (sélection sur les inobservables). Les résultats des tests tels que des prises de sang sont également manquants. La classification Elastic-Net nous permet de prendre avantage de la méthode Ridge et Lasso à la fois. Elle met un poids  $\alpha$  et  $(1 - \alpha)$  aux deux méthodes afin de balancer les avantages et les défauts des deux méthodes. La contrainte sur le maximum de vraisemblance est la suivante :

$$\lambda \sum_{j=1}^p (\alpha |\beta_j| + (1 - \alpha) \beta_j^2) \quad (3.14)$$

Lorsque  $\alpha = 1$ , la pénalité Elastic-Net est identique à la pénalité Lasso. En conséquence, lorsque  $\alpha$  tend vers 1, on peut s'attendre à ce que le maximum de vraisemblance enlève des coefficients. Lorsque  $\alpha = 0$ , la pénalité Elastic-Net est identique à la pénalité Ridge. Dans ce cas, lorsque  $\alpha$  tend vers 0, on peut s'attendre à ce que le maximum de vraisemblance garde la majorité de ses coefficients, mais avec une importance très faible.

## 3.2 Métrique de performance

Il existe plusieurs métriques de performance. L'objectif derrière l'utilisation des méthodes d'apprentissage automatique est de trouver avec confiance des patientes similaires à celles qui ont subi le traitement parmi les patientes atteintes de diabète gestationnel n'ayant pas subi le traitement. Pour cela, on utilisera la métrique log loss afin de classer les patientes dans l'échantillon 1 comme des patientes qui ressemblent aux patientes admises dans le programme de télésoins avec une prob-

abilité élevée. La métrique pour une variable dépendante binaire est la suivante:

$$\text{Log Loss} = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i \ln(p_i) + (1 - y_i) \ln(1 - p_i)). \quad (3.15)$$

On constate que le log loss augmente lorsqu'on classe  $\hat{y}_i = 1$  avec une probabilité  $p_i$  faible, ou lorsqu'on classe  $\hat{y}_i = 0$  avec une probabilité  $(1 - p_i)$  faible. En obtenant un modèle qui détient un faible log loss, on peut définir un seuil de probabilité de sorte qu'on obtienne un groupe contrôle parmi les patientes atteintes de diabète gestationnel. Une fois que l'on obtient notre modèle de l'ensemble d'entraînement, on peut estimer quelle patiente dans l'échantillon 1 a de hautes probabilités d'être admise en télésoins.

### 3.3 Score F1

Le score F1 est une mesure de précision qui servira à définir un seuil de probabilité afin de classifier les patientes en télésoins. Le score F1 est défini selon l'équation suivante :

$$\text{F1} = 2 \times \frac{\text{Précision} \times \text{Rappel}}{\text{Précision} + \text{Rappel}}. \quad (3.16)$$

La précision est définie selon le taux de vrai positif sur la totalité des observations classifiées comme  $\hat{y}_i = 1$ : Vrai Positif/(Vrai Positif + Faux Positif). Le rappel est défini selon le taux de vrai positif sur l'ensemble des vrais positifs et faux négatifs: Vrai Positif/(Vrai Positif + Faux Négatif).

### 3.4 Effet du programme de télésoins à domicile

Après avoir obtenu les résultats de la classification, on peut s'attarder à comparer notre groupe traitement, c'est à dire le groupe incluant les patientes atteintes de diabète gestationnel avec télésoins, ainsi que notre groupe contrôle synthétique, donc le groupe qui inclut les patientes atteintes de diabète gestationnel sans télé-

soins. On cherche à mesurer l'effet du programme de télésoins sur les différents indicateurs de santé cités dans la section 1.3 tout en analysant le changement de cet impact lorsqu'il est soumis à des variables de contrôle.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \text{Télésoins}_i + \varepsilon_i \quad (3.17)$$

L'équation 3.17 calcule l'effet du traitement sur  $y_i$  qui peut être soit la durée de séjour de la mère en jours, le coût du séjour, la durée gestationnelle en jours, la durée de séjour de l'enfant en jours, le poids à la naissance en kilogrammes ainsi que le score Apgar à une, cinq et dix minutes. Le terme  $\beta_0$  représente une constante et le terme  $\beta_1$  représente l'effet du traitement. La variable  $\text{Télésoins}_i$  est une variable binaire dont la valeur unitaire indique que la patiente  $i$  a eu le traitement et la valeur nulle implique que la patiente n'a pas participé au traitement. Finalement, le terme  $\varepsilon_i$  est un terme d'erreur associé à l'observation  $i$ .

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \text{Télésoins}_i + \sum_{j=1}^p \beta_{ji} \text{Socioéconomiques}_{ji} + \varepsilon_i \quad (3.18)$$

L'équation 3.18, est une extension de l'équation 3.17 où l'on ajoute des variables de contrôle afin de mieux nettoyer l'effet du programme de toute corrélation avec le terme d'erreur. La variable  $\text{Socioéconomiques}_{ji}$  représente la variable  $j$  parmi les variables socioéconomiques choisies pour l'observation  $i$ .

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \text{Télésoins}_i + \sum_{j=1}^l \beta_{ji} \text{Cliniques}_{ji} + \varepsilon_i \quad (3.19)$$

La variable  $\text{Cliniques}_{ji}$  de l'équation 3.19 représente la variable clinique  $j$  de l'observation  $i$ . Cette équation permet d'observer le changement de l'effet estimé du programme de télésoins en présence de variables cliniques.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \text{Télésoins}_i + \sum_{j=1}^l \beta_{ji} \text{Cliniques}_{ji} + \sum_{j=1}^p \beta_{ji} \text{Socioéconomiques}_{ji} + \varepsilon_i \quad (3.20)$$

L'équation 3.20 consiste à évaluer l'effet estimé du programme de télésoins en présence de toutes les variables de contrôle. Certaines variables cliniques sont

omises étant donné que la classification peut causer une certaine forme de colinéarité pour certaines variables. Les variables socioéconomiques incluent la variable d'âge, l'âge au carré, l'état civil, une variable binaire qui indique si la patiente réside dans l'île de Montréal et une variable binaire qui indique si la patiente est d'origine canadienne. En ce qui concerne les variables cliniques, on contrôlera pour la spécialité du médecin, le nombre d'enfants antérieurs prématurés ou à terme, avortés ainsi que vivants. On contrôlera également pour le sexe de l'enfant et pour les enfants qui sont nés à l'aide de techniques de procréation assistée. Étant donné les résultats de la classification, le fait de contrôler pour le type d'accouchement, soit par césarienne ou voie vaginale, cause de la colinéarité. C'est pour cette raison que nous omettons l'inclusion de cette variable dans notre modèle.

Pour les variables dépendantes telles que la probabilité de subir une césarienne ou d'accoucher d'un nouveau-né de faible poids, on utilisera un modèle logit dont les paramètres sont identiques à ceux des équations 3.17, 3.18, 3.19 et 3.20. L'explication du modèle est la même que celle que l'on retrouve dans la sous-section 3.1.2.

## CHAPITRE IV

### RÉSULTATS

Ce chapitre sera divisé en deux parties. Premièrement, nous présentons les résultats provenant de la méthode de classification logit avec pénalité. Ensuite, nous présentons l'effet du programme de télésoins à domicile sur les différentes variables dépendantes.

#### 4.1 Classification

Cette section ne contient que les résultats provenant des méthodes de classification logit avec pénalité. Parmi toutes les méthodes testées, la méthode Ridge est celle qui donne de meilleurs résultats. Elle permet une classification avec de hautes probabilités tout en minimisant le nombre de faux négatifs dans l'ensemble test et en obtenant le seuil de classification le plus élevé. L'appendice B contient les résultats de toutes les méthodes de classification choisies. Dans ce même appendice, on retrouve également le tableau B.2 qui sert de comparaison entre le groupe contrôle et les patientes en télésoins. On constate que suite au retrait de certaines patientes par la méthode de classification Ridge, ce groupe ressemble davantage à celui des patientes admises en télésoins. Afin de mieux comprendre le choix de la meilleure méthode de classification et la validité du groupe contrôle, nous invitons le lecteur à lire l'appendice B.

### 4.1.1 Classification Elastic-Net

Dans le cadre de la classification de logit avec pénalité, différentes valeurs de  $\alpha$  sont utilisées. Le tableau 4.1 donne le log loss le plus petit selon le  $\alpha$  choisi. Dans cette analyse, le modèle Ridge ( $\alpha = 0$ ) est celui qui obtient le log loss le plus petit.

Tableau 4.1: Meilleurs modèles de classification Elastic-Net selon la valeur de  $\alpha$

Modèle	$\alpha$	$\lambda$	Log loss
Ridge	0	0,01	0,0509939
Elastic-Net	0,25	0,007	0,0613641
Elastic-Net	0,50	0,006	0,0631926
Elastic-Net	0,75	0,005	0,0638459
Lasso	1	0,013	0,0640658

Note : calculs de l'auteur.

La figure 4.1 fait référence à tous les modèles qui ont été estimés à partir de la grille de recherche. La ligne noire présente le log loss du modèle Ridge selon les différentes valeurs de  $\lambda$  utilisées, la ligne noire pointillée représente le log loss du modèle Lasso ( $\alpha = 1$ ) selon les différentes valeurs de  $\lambda$  utilisées. Les lignes gris pâle et pointillées représentent d'autres valeurs de  $\alpha$  autres que Ridge et Lasso. La valeur de  $\lambda$  qui minimise le log loss est donc de 0,01 avec  $\alpha = 0$ . La relation entre le log loss et  $\lambda$  est strictement décroissante pour tout  $\lambda$  inférieur à 0,01 et strictement croissante pour tout  $\lambda$  supérieur 0,01.

Le tableau 4.2 détient trois matrices de confusion représentant chacune respectivement la matrice de confusion de l'ensemble d'entraînement, de l'ensemble test et de l'ensemble de la base de données. La matrice de confusion représentant

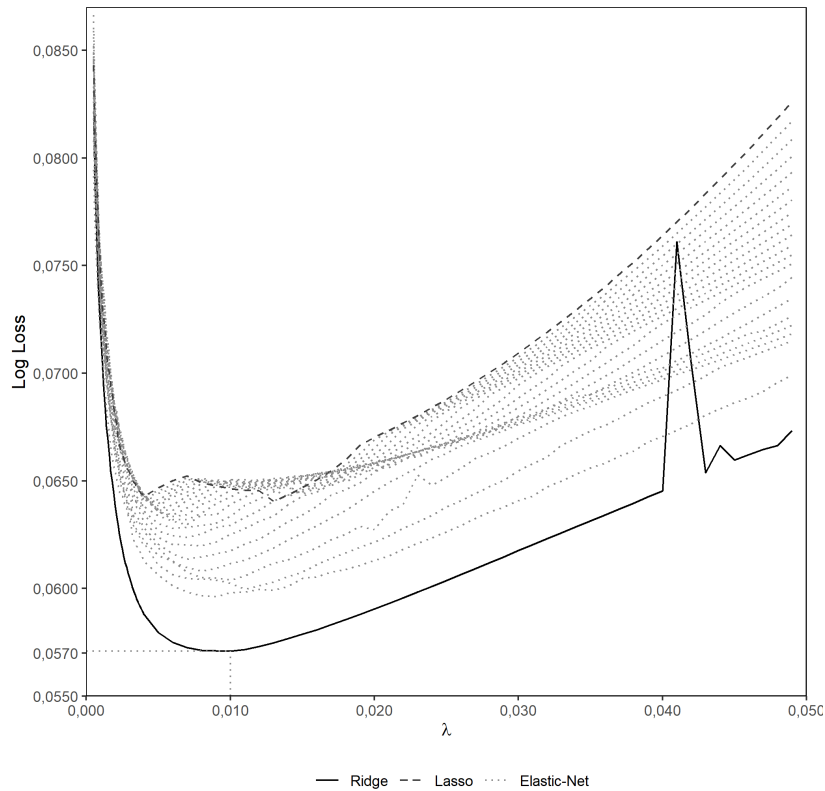


Figure 4.1: Log loss de la méthode de classification Ridge, Lasso et Elastic-Net.

l'ensemble d'entraînement contient quatre faux positifs et quatre faux négatifs pour un taux d'erreur total de 0,38 %. Le modèle de classification Ridge performe relativement bien sur l'ensemble test avec un taux d'erreur de 2,56 %. Même si les résultats des autres méthodes ne sont pas mentionnés dans cette section, la méthode de classification Ridge est celle qui détient le seuil de classification le plus élevé obtenu par le score F1. Ce seuil de classification est de 48,39 %. La matrice de confusion associée à l'ensemble des données démontre qu'il y a 236 patientes parmi l'échantillon 1 classifiées comme patientes admises en télésoins.

En ce qui concerne les variables d'importance, la méthode Ridge n'est pas en mesure d'éliminer des variables. Elle réduit la taille des coefficients et plusieurs

Tableau 4.2: Matrice de confusion pour l'ensemble d'entraînement, l'ensemble test et l'ensemble des données à l'aide de la méthode de classification Ridge.

	Ensemble d'entraînement			Ensemble test			Ensemble des données		
	$\hat{y} = 0$	$\hat{y} = 1$	Erreur	$\hat{y} = 0$	$\hat{y} = 1$	Erreur	$\hat{y} = 0$	$\hat{y} = 1$	Erreur
$y = 0$	2 016	4	0,20 %	225	2	0,88 %	2 356	242	4,54 %
$y = 1$	4	52	7,14 %	4	3	57,14 %	8	55	12,70 %
Total	2 020	56	0,38 %	229	5	2,56 %	2 364	297	9,39 %

Note : Calculs de l'auteur. Le seuil de classification qui maximise le score F1 est de 48,39 %.

variables sont vraisemblablement proches d'une valeur nulle. La figure 4.2 montre les dix variables les plus importantes. La première variable est le regroupement de diagnostics O24 qui représente la présence de diabète sucré au cours de la grossesse.<sup>15</sup> Son importance atteint 8,30 %. La méthode de boosting par gradient atteignait 73,50 % pour cette même variable et la méthode de forêt aléatoire lui donnait une importance de 45,30 %. La deuxième variable d'importance est le O64, qui englobe tous les diagnostics qui sont associés à une dystocie due à une position et une présentation anormales du fœtus. L'importance de cette variable est de 2,30 %. Cette variable est donc synonyme de complication, car le signe du coefficient est négatif. La troisième variable est la variable O32 représentant des soins maternels pour présentation anormale connue ou présumée du fœtus lors de l'accouchement avec une importance de 1,30 %. La variable E03 (Autres hypothyroïdies) à la même importance en pourcentage que la variable précédente. Les variables N81 et I49, qui représentent des diagnostics de prolapsus génital et d'autres arythmies cardiaques, ont un effet positif avec une importance de 1,30 % chacun. La variable Z35 est un diagnostic de surveillance d'une grossesse à haut risque, indiquant ainsi que les patientes admises en télésoins ne sont probablement

---

<sup>15</sup>On fait référence à tous les types de diabète sucré, pas seulement le diabète gestationnel.



pas considérées comme patientes avec grossesse à haut risque. Cette variable a une importance de 1,20 %, les variables qui suivent ont une importance de 1,10 %. La variable 1Y est un regroupement d'interventions thérapeutiques sur la peau, les tissus sous-cutanés et le sein. Les dernières variables, K59 et Q87, représentent des diagnostics pour d'autres troubles fonctionnels de l'intestin et d'autres syndromes congénitaux malformatifs précisés atteignant plusieurs systèmes.

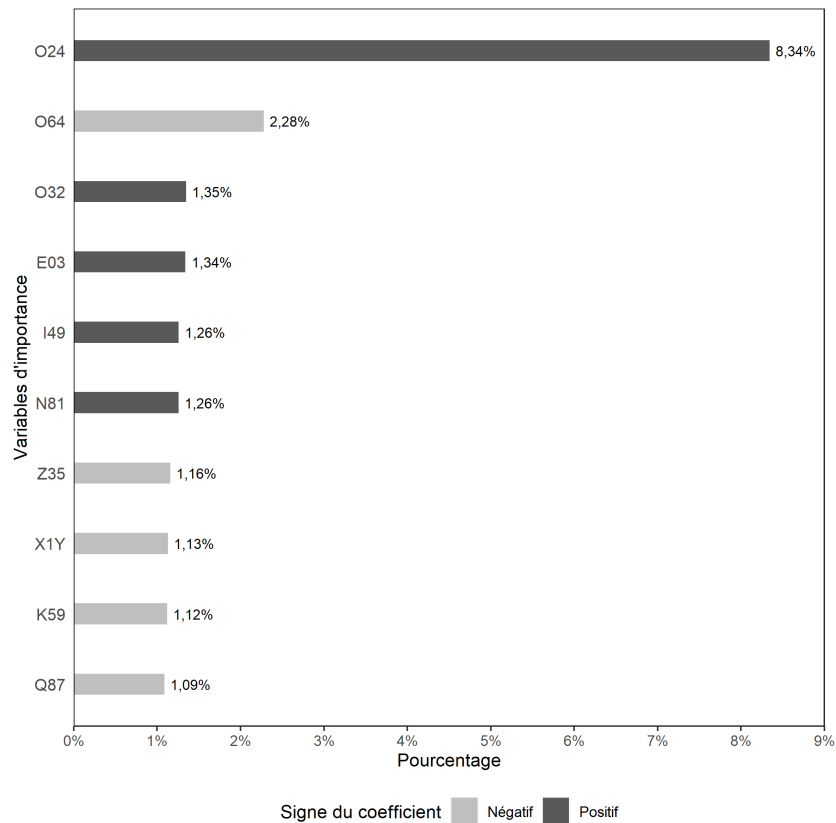


Figure 4.2: Variables d'importance en pourcentage de la méthode de classification Ridge.

## 4.2 Effets du programme de télésoins à domicile sur les indicateurs de santé

Suite à la classification, il est possible de faire l'analyse de l'effet du programme de télésoins à domicile avec le groupe créé à partir de la méthode Ridge. Le tableau 4.3 contient les effets marginaux du programme de télésoins à domicile sans variable de contrôle avec tous les indicateurs de santé. On rappelle que les huit premières équations sont calculées à l'aide de la régression multiple vue dans l'équation 3.17. Les équations qui calculent les effets estimés de subir une césarienne et d'accoucher de faible poids sont calculées à partir d'un modèle logit.

Tableau 4.3: Effets estimés du programme de télésoins sans variable de contrôle

	Durée de séjour de la mère en jours	Coût de séjour de la mère en \$	Durée gestationnelle en jours	Durée de séjour de l'enfant en jours	Poids en kilogramme
Admises	0,010	-97,420	1,511	-0,090	0,005
en télésoins	(0,141)	(173,898)	(1,339)	(0,368)	(0,056)
<i>N</i>	299	299	299	299	299
	Score Apgar à 1 minute	Score Apgar à 5 minutes	Score Apgar à 10 minutes	Césarienne en %	Faible poids en %
Admises	-0,220	0,022	0,070	0,020	-0,052**
en télésoins	(0,231)	(0,113)	(0,065)	(0,057)	(0,023)
<i>N</i>	290	290	290	299	299

Note : Erreur type entre parenthèses. La significativité est représentée avec des astérisques : \* p < 0,10, \*\* p < 0,05, \*\*\* p < 0,01

Le premier constat est que la plupart des estimés ne sont pas statistiquement significatifs. D'ailleurs, le seul effet statistiquement significatif est sur la probabilité d'accoucher d'un nouveau-né de faible poids. Le programme de télésoins à domicile diminue cette probabilité de 5,2 points de pourcentage à un seuil de significativité de 5 %. La significativité des coefficients ne change pas lorsqu'on ajoute variables de contrôle. On retrouve les résultats des effets marginaux en présence de variables de contrôle dans le tableau 4.4. L'effet marginal du programme de

Tableau 4.4: Effets estimés du programme de télésoins avec des variables de contrôles

	Durée de séjour de la mère en jours	Coût de séjour de la mère en \$	Durée gestationnelle en jours	Durée de séjour de l'enfant en jours	Poids en kilogramme
Admises	-0,080	-213,019	2,006	-0,205	0,043
en télésoins	(0,136)	(183,178)	(1,304)	(0,357)	(0,060)
<i>N</i>	299	299	299	299	299
	Score Apgar à 1 minute	Score Apgar à 5 minutes	Score Apgar à 10 minutes	Césarienne en %	Faible poids en %
Admises	-0,142	0,048	0,077	-0,004	-0,070**
en télésoins	(0,226)	(0,119)	(0,070)	(0,053)	(0,030)
<i>N</i>	290	290	290	299	239

Note : Erreur type entre parenthèses. La significativité est représentée avec des astérisques : \* p <0,10, \*\* p <0,05, \*\*\* p <0,01

télésoins diminue désormais la probabilité d'accoucher d'un nouveau-né de faible poids de 7 points de pourcentage au lieu de 5,2 points de pourcentage lorsqu'il est en présence de variables socioéconomiques et cliniques. Même si les autres résultats ne sont pas statistiquement significatifs, on remarque que le coefficient est généralement sensible aux variables de contrôle, par exemple, la durée de séjour de la mère passe d'une augmentation de 0,01 jour à une diminution de 0,08 jour. Ce n'est pas le seul exemple, le programme diminue de -97,420 \$ le coût de séjour de la mère en absence de variable de contrôle, mais cette réduction du coût de séjour diminue encore plus avec un coefficient de -213,02 \$ lorsqu'on ajoute les variables de contrôle. Ces augmentations en valeur absolue concernent les indicateurs de santé tels que la durée de gestationnelle, la durée de séjour de l'enfant ainsi que son poids à la naissance. Il est vrai que ces variables ne sont pas statistiquement significatives, mais la réalité est qu'il nous manque des variables importantes dans notre base de données telles que le niveau d'éducation, le revenu des ménages ou même le type d'emploi que la patiente occupe, qui peuvent influencer la significativité de l'effet marginal du programme.

En résumé, le coefficient estimé du programme de télésoins à domicile sans variable de contrôle a des effets significatifs sur la probabilité d'avoir un nouveau-né de faible poids en diminuant celle-ci de 5,2 points de pourcentage. Cet effet diminue davantage la probabilité de naître de faible poids de 7 points de pourcentage lorsqu'on ajoute des variables de contrôle socioéconomiques et cliniques. Le programme de télésoins à domicile n'a pas d'effet statistiquement significatif sur les autres indicateurs de santé choisis en absence et en présence de variables de contrôle.

#### 4.2.1 Robustesse

Nous avons déjà parlé de l'incertitude sur la validité de la variable *origine ethnique*. Celle-ci représente une proportion trop grande de patientes d'origine ethnique autre que canadienne comparativement à ce que reflète les chiffres de la région métropolitaine de Montréal selon Statistique Canada (2019). Nous avons donc décidé de faire des tests afin de valider la robustesse de l'effet estimé du programme de télésoins à domicile. La variable *origine ethnique* a été modifiée et est une variable dichotomique indiquant que la patiente est d'origine Canadienne ou d'une autre origine. Nous l'avons renommé *Est Canadienne* et c'est cette variable que nous testons.

Le tableau 4.5 contient les effets marginaux des variables qui ont un effet sur la variable *Faible poids*. Nous considérons le groupe contrôle provenant de la classification Ridge. La colonne (1) contient l'effet marginal du programme de télésoins sans aucune autre variable. Elle est significative à 5 % et le coefficient diminue la probabilité d'être de faible poids de 5,2 points de pourcentage. Une fois qu'on rajoute des variables telles que l'âge de la mère, l'âge de la mère au carré et l'état civil, l'effet estimé du programme est toujours significatif au même seuil

Tableau 4.5: Effet estimé du programme de télésoins sur la probabilité de naître de faible poids selon les différentes variables de contrôles avec le groupe contrôle provenant de la classification Ridge.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	Faible poids	Faible poids	Faible poids	Faible poids	Faible poids	Faible poids	Faible poids
Admises en télésoins	-0,052** (0,023)	-0,069** (0,028)	-0,065** (0,029)	-0,057** (0,023)	-0,051** (0,023)	-0,078*** (0,029)	-0,070** (0,030)
Âge de la mère		0,009 (0,054)	0,007 (0,054)			0,015 (0,043)	0,013 (0,047)
Âge de la mère au carré		0,000 (0,001)	0,000 (0,001)			-0,000 (0,001)	0,000 (0,001)
Mariée		-	-			0,000	0,000
Div/Sep/Veuve		-	-			-	-
Conjoint de fait		-	-			-	-
Habite à Montréal		-	-			-	-
Est Canadienne			-0,067** (0,028)		-0,058*** (0,022)		-0,081*** (0,024)
Médecin de famille				-0,023 (0,032)	-0,018 (0,031)	-0,021 (0,037)	-0,022 (0,035)
Obstétricien				0,014 (0,031)	0,022 (0,029)	0,035 (0,040)	0,040 (0,040)
Nombre d'enfants antérieurs nés à terme				-0,109** (0,043)	-0,142*** (0,047)	-0,820*** (0,182)	-0,807*** (0,185)
Nombre d'enfants antérieurs prématurés				-0,081* (0,049)	-0,123** (0,052)	-0,788*** (0,181)	-0,789*** (0,189)
Nombre d'avortements antérieurs				-0,005 (0,013)	-0,002 (0,012)	-0,020 (0,018)	-0,025 (0,017)
Nombre d'enfants antérieurs nés vivant				0,085* (0,047)	0,120** (0,049)	0,783*** (0,180)	0,772*** (0,185)
Nouveau-né male				-0,041 (0,026)	-0,044* (0,025)	-0,048* (0,028)	-0,067** (0,029)
Nombre d'enfants nés à l'aide de technique de procréation assistés				0,108 (0,090)	0,127 (0,098)	0,250 (0,165)	0,237* (0,134)
<i>N</i>	299	239	239	299	299	239	239

Note : Erreur-type entre parenthèse. La significativité est représentée avec des astérisques : \* p < 0,10, \*\* p < 0,05, \*\*\* p < 0,01. La variable *Habite à Montréal* et les variables représentant l'état civil sont collinéaires et sont représentées par des tirets (-) lorsqu'elles sont exclues.

et son coefficient augmente à 6,9 points de pourcentage comme le démontre la deuxième colonne du tableau 4.5. Lorsqu'on rajoute la variable *Est Canadienne*, le coefficient diminue en taille à 6,5 points de pourcentage mais celui-ci reste

significatif à 5 %, résultat qui peut être observé dans la colonne (3). La colonne (4) représente l'effet estimé des télésoins en présence des variables cliniques telles que l'effet d'avoir un médecin de famille ou un obstétricien lors de l'accouchement relatif à avoir un gynécologue, le nombre d'enfants antérieurs nés à terme, le nombre d'enfants antérieurs prématurés, le nombre d'avortements antérieurs ainsi que le nombre d'enfants antérieurs nés vivant et l'effet d'avoir un enfant de sexe masculin. On constate que le coefficient du programme de télésoins augmente en valeur absolue à nouveau en présence de variables cliniques passant de 0,052 à 0,057 tout en étant significatif à 5 %. Le coefficient augmente lorsqu'on ajoute la variable *Est Canadienne* de -0,057 à -0,051 tout en étant significatif à 5 % (colonne (5)). Lorsqu'on ajoute les deux séries de variables, socioéconomiques et cliniques, on observe que le coefficient du programme augmente en valeur absolue et son effet réduit la probabilité de naître de faible poids de 7,8 points de pourcentage. De plus, le coefficient est significatif à 1 %. La dernière colonne du tableau 4.5 représente l'ajout de toutes les variables incluant la variable *Est Canadienne*. On remarque que l'effet estimé réduit la probabilité de naître de faible poids de 7 points de pourcentage à un taux significatif de 5 %. Chaque fois que nous ajoutons la variable *Est Canadienne* celle-ci est toujours significative et a un effet estimé négatif sur la probabilité d'être de faible poids entre 6,7 et 8,1 points de pourcentage.

En conclusion, on peut donc être confiant que l'effet estimé du programme de télésoins avec le groupe contrôle provenant de la classification Ridge est robuste à une erreur de spécification de la variable *origine ethnique*.

## CHAPITRE V

### DISCUSSION

Dans cette section, on discutera des enjeux de qualité de données auxquels nous faisons face. De plus on se penchera sur la performance des méthodes utilisées. Finalement on fera des recommandations basées sur les résultats obtenus.

#### 5.1 Qualité des données

Les données utilisées sont des données administratives employées pour la comptabilité analytique des dépenses hospitalières et non pour la recherche. Elles détiennent des informations comme les codes de diagnostics CIM-10, les codes d'interventions provenant de la CCI ainsi que certains indicateurs de santé. La plupart de ces informations sont exactes, mais comme on le constate, il y a certains champs qui peuvent être erronés comme l'origine ethnique qui semble être une variable à champs optionnel pour ceux qui prennent l'information, bien qu'aucune information officielle ne soit donnée à ce propos. Plusieurs autres champs sont disponibles, mais la description de ces champs est manquante, rendant l'interprétation quasiment impossible. Le nombre d'observations est également faible, mais ne peut que croître dans un futur très proche.

L'aspect manquant dans la base de données est l'information sur les patientes telle que le revenu et le niveau de scolarité, tous deux des variables qui peuvent être

importantes autant pour la classification que pour l'interprétation de l'effet estimé du programme de télésoins à domicile. Du côté clinique, en dehors des variables discrètes, il n'existe ni de résultats de test ou ni d'historique du poids de la mère dans la base de données, ce qui peut également donner un indice sur le suivi de diabète gestationnel. Finalement, l'information manquante la plus importante, l'admissibilité au programme, nous force à utiliser des méthodes de classification afin de reproduire un estimé théorique de l'effet du programme de télésoins à domicile.

## 5.2 Performance des méthodes

Étant donné la disponibilité des variables dans la base de données, on observe une performance satisfaisante de nos modèles dans lesquels le taux d'erreur se situe en dessous de 3 %. On recommande donc les méthodes d'apprentissage automatique pour la classification en présence de beaucoup de variables comme c'est le cas pour cette base de données.

Même si le choix du log loss comme métrique de performance nous permettait de choisir un modèle avec une classification à haute probabilité, il s'avère que seule la méthode de classification Ridge a réussi à classer autant des patientes hors télésoins qu'en télésoins avec de hautes probabilités. Il est probable que les méthodes d'arbres nécessitent plus d'observations afin d'apporter plus de confiance dans leur classification. Ainsi, des méthodes de ré-échantillonnage peuvent être considérées pour un travail futur bénéficiant de nouvelles données qui seront disponibles dans les prochaines années.



### 5.3 Recommandations

Notre analyse prouve l'existence d'effets significatifs et importants qui peuvent diminuer la probabilité d'accoucher d'un nouveau-né de faible poids. Lorsqu'on ne corrige pas pour les biais de sélection, le programme diminue la probabilité de 5,4 points de pourcentage. Cet effet est encore plus grand lorsqu'il s'agit de la clientèle visée par le programme, soit une diminution de 7 points de pourcentage. Ce résultat combiné à d'autres études nous permet de mieux saisir l'importance des indicateurs de santé à la naissance sur le parcours académique et sur le marché du travail. Selon Black *et al.* (2007), une augmentation du poids à la naissance de 10 % augmente la probabilité de finir les études secondaires de 1 %. Selon la même étude, cette même augmentation de poids permet une augmentation du salaire sur le marché du travail de 1 %. Selon Johnson et Schoeni (2011), le taux de décrochage scolaire est 3,1 points de pourcentage plus élevé pour les nouveau-nés de faible poids. De plus, un faible poids à la naissance diminue la participation au marché de travail de 5 points de pourcentage et diminue le revenu à l'âge adulte de 15 %. Ces deux études démontrent la cohérence des données face à la problématique de naître de faible poids. Le fardeau économique ne s'arrête pas à ces incidents. Les externalités d'un faible poids à la naissance augmentent également la probabilité d'utiliser des services tels que l'assurance chômage et l'assurance maladie, ce qui augmente le fardeau fiscal des ménages (Bharadwaj *et al.*, 2018). D'ailleurs, le programme de télésoins à domicile ne présente pas d'effet estimé significatif sur les autres indicateurs de santé, indiquant que la trajectoire des télésoins à domicile est un substitut à la trajectoire traditionnelle de grossesse avec du diabète gestationnel.

Selon le calcul fait par Lemelin *et al.* (2018), le CHUM aurait une économie de 50 157,25 \$ pour l'année fiscale 2016-2017 si la totalité des patientes en télésoins et

les patientes dans le groupe que nous avons créé avaient participé. Cette économie de coût est lié au fait que ces patientes atteintes de diabète gestationnel participant au programme de télésoins à domicile auraient d'autres suivis en milieu hospitalier. Cette économie aurait été d'ailleurs plus importante si l'on avait tenu compte du fait que le nombre de nouveau-nés de faible poids a diminué grâce à la mise en place de ce programme. Ces naissances de bébés de faible poids représentent le plus souvent des coûts supplémentaires pour les services hospitaliers. Cette trajectoire peut donc remplir le vide entre la demande de soins et service pour les patientes atteintes de diabète gestationnel et l'offre de service en milieu obstétrique pour des patientes qui sont moins à risque.

Finalement, on ne sait pas qui est éligible au programme de télésoins à domicile. Si les télésoins prennent davantage de place dans le secteur hospitalier, le CHUM doit se doter de moyen pour mieux identifier qui est éligible au programme de télésoins. Cela permettrait non seulement d'améliorer les données disponibles, mais également de permettre l'évaluation des programmes de télésoins.

## CONCLUSION

L'objectif de ce mémoire est de mesurer l'effet estimé du programme de télésoins à domicile sur la trajectoire de grossesse des patientes atteintes de diabète gestationnel. La présence de sélection sur les inobservables a ouvert le chemin à des techniques de classification afin de créer un groupe contrôle comparable à celui des télésoins à domicile. En tout, 2 615 mères ayant donné naissance à 2 661 nouveau-nés entre le 1<sup>er</sup> avril 2016 et le 31 mars 2017 sont présentes dans notre base de données administratives construite à partir des plateformes PPM et MED-ÉCHO. Au total, 1 210 variables étaient disponibles, des variables contenant les codes CIM-10 associés aux diagnostics reçus par les patientes ainsi que les codes d'interventions provenant de la CCI. Suite aux regroupements des codes de diagnostics et des interventions, 557 variables étaient disponibles afin de créer un nouveau groupe de contrôle.

Les méthodes utilisées sont la méthode de forêt aléatoire, de boosting par gradient ainsi que les méthodes de logit avec pénalité Ridge, Lasso et Elastic-Net. À l'aide de ces méthodes, nous avons créé quatre groupes contrôles dont les patientes atteintes de diabète gestationnel partageaient des ressemblances aux groupes traitement. Chaque meilleur modèle selon la méthode utilisée retient un taux d'erreur en dessous de 3 %. Parmi les trois méthodes de classification, la méthode Ridge nous permet d'obtenir une classification hors échantillon avec des probabilités plus hautes que les autres modèles ainsi qu'un seuil de classification plus élevé. La méthode de classification Ridge choisit un ensemble de diagnostics ainsi qu'un ensemble d'interventions afin de mieux classifier. Comparativement aux autres

méthodes, la classification Ridge accorde moins d'importance relative au diagnostic regroupé de présence de diabète sucré dans le sang et nous permet de constater que la probabilité d'être admissible au programme de télésoins est fonction d'un diagnostic de surveillance d'une grossesse à haut risque. Cette variable diminue la probabilité d'être admise dans le programme ce qui confirme partiellement que le programme sélectionne des patientes qui ont plus de probabilité de bien réagir au traitement.

L'effet estimé des télésoins s'avère non significatif sur tous les indicateurs de santé à l'exception de la probabilité d'accoucher d'un nouveau-né de faible poids. Lorsqu'on compare l'effet estimé du groupe de patientes atteintes de diabète gestationnel, on constate que l'effet estimé réduit la probabilité d'accoucher d'un nouveau-né de faible poids de 5,4 points de pourcentage. Cependant, en raison de la sélection sur les inobservables, on sait que cet estimateur est biaisé. L'effet estimé du groupe Ridge quant à lui est non seulement significatif, mais il est également supérieur à notre estimateur biaisé et réduit la probabilité d'accoucher d'un nouveau-né de faible poids de 7 points de pourcentage. La non significativité des estimateurs sur les autres indicateurs de santé nous permet de recommander la trajectoire de télésoins à domicile pour les patientes atteintes de diabète gestationnel répondant aux critères de sélection du programme. Cette trajectoire est un bon substitut à la trajectoire traditionnelle et est généralement moins coûteuse. Notre étude conforte ce qui avait été trouvé par Lemelin *et al.* (2018).

À l'heure de la remise de ce mémoire, une pandémie s'est installée et nous a contraint à changer nos habitudes. Entre autres, le télétravail est devenu une obligation pour bien des entreprises et la distanciation sociale, une réalité difficile à gérer dans les hôpitaux ou tout autre établissement de santé. Au Québec, la télésanté et surtout les télésoins à domicile sont mis de l'avant par les établissements de santé dans cette période de confinement (Radio-Canada, 2020). La

COVID-19 a donc forcé un vent de modernisme dans un milieu qui en a fort besoin. En plus d'être une trajectoire efficace, elle permet aujourd'hui au personnel de la santé ainsi qu'au patient d'établir une protection contre la propagation du virus qui s'étend dans le monde. De plus, les médecins et les infirmiers qui sont en isolement forcé ou volontaire due à une exposition au virus peuvent continuer d'exercer leur profession.

Aujourd'hui, il semble plus pertinent que jamais de parler des avantages des télésoins à domicile. Nous sommes dans une ère où la communication est plus fluide et accessible que jamais et c'est pour cela qu'il est fortement recommandé d'investir dans le programme de télésanté et de continuer les recherches ainsi que les études sur l'impact des télésoins sur la santé de la population plus généralement, grâce aux données qui suivront la pandémie actuelle.

## APPENDICE A

### DÉFINITIONS

#### Diabète de type I et II

Maladies chroniques caractérisées par un niveau élevé de sucre dans le sang. Le diabète de type I une condition dans laquelle le pancréas ne produit pas assez ou aucune quantité d'insuline. Le diabète de type II, le plus commun des deux, est une condition sous laquelle, le corps ne répond pas à l'insuline fabriquée par le pancréas. Dans certains cas, cela converge vers un pancréas qui ne génère également pas assez d'insuline. (Organisation Mondiale de la Santé, 2019)

#### Dystocie des épaules

Il n'y a pas de consensus sur la définition de la dystocie des épaules (Gottlieb et Galan, 2007; Politi *et al.*, 2010). Cependant, il est possible d'identifier la complication lorsque l'épaule antérieure ou postérieure du fœtus impacte la symphyse maternelle juste après l'accouchement de la tête. Une fois l'épaule bloquée dans l'articulation antérieure du bassin, on assiste a une rétraction de la tête vers le bassin. Une situation de la sorte peut entraîner une fracture de la clavicule chez l'enfant ou une épisiotomie pour la mère. En cas d'hémorragie postpartum, les complications menant à une morbidité maternelle augmentent à 11 %. Les cas de

complications extrêmes peuvent mener à la mort de l'enfant ou la mère. La dystocie des épaules reste un évènement rare et peu prévisible, son taux d'incidence varie entre 0,2 % à 3 % selon la définition de celle-ci (Gottlieb et Galan, 2007; Royal College of Obstetricians and Gynecologists, 2005), ce qui complique la pratique chez les docteurs.

### Pré-éclampsie

Complication potentiellement dangereuse se produisant après 20 semaines de gestation. On constate la présence d'hypertension, de quantité anormale de protéines dans l'urine et d'autres anomalies de la sorte. La pré-éclampsie affecte environ 3 % des femmes. Celle-ci ne peut être prévenue et est la cause la plus commune de prématurité. Si elle n'est pas traitée, elle peut évoluer vers l'éclampsie qui mène à l'apparition de convulsions. Les facteurs de risques tels que la primiparité (premier accouchement), un âge supérieur à 40, de l'obésité et du diabète préexistant sont des facteurs parmi d'autres qui peuvent augmenter la présence de pré-éclampsie. En cas extrême, cette complication peut compromettre la survie de l'enfant et de la mère (Redman et Sargent, 2005).

### Macrosomie

La macrosomie est diagnostiquée lorsque le poids du fœtus est supérieur à 4000 ou 4 500 grammes, peu importe l'âge gestationnel. Le diagnostic ne peut pas être établi avant l'accouchement étant donné que les méthodes de diagnostics périnataux ne sont pas assez précises pour détecter la macrosomie. (Delpapa et Mueller-Heubach, 1991)

## Mortalité

La mortinaissance ou la mort foetale est le décès d'un fœtus de 500 grammes ou plus avant l'expulsion ou l'extraction complète du corps de la mère. La mortalité infantile réfère au décès d'un enfant âgé de moins d'un an. La mortalité néonatale réfère à un décès d'un enfant âgé de moins de quatre semaines. Lorsque l'enfant décède moins d'une semaine après la naissance, on définit le terme comme mortalité néonatale précoce. Les définitions des différents types de mortalité proviennent de Statistique Canada (2010).

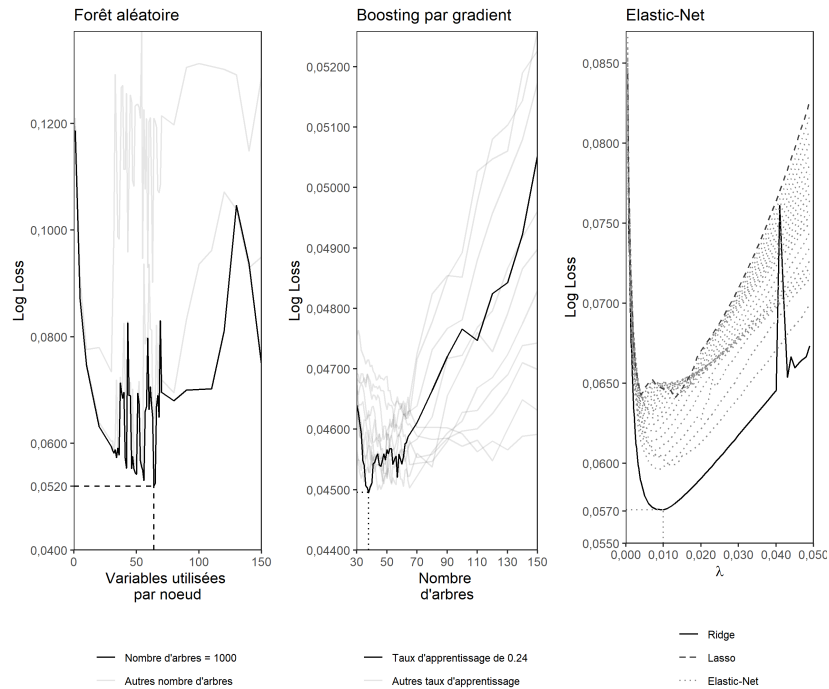


## APPENDICE B

### RÉSULTATS DE LA CLASSIFICATION DE TOUTES LES MÉTHODES

Dans cette section, on présente le résultat des trois méthodes de classification, méthode de forêt aléatoire, de boosting par gradient et Elastic-Net. La figure B.1 montre les différents log loss de toutes les méthodes de classification. La première figure à gauche représente le log loss de la forêt aléatoire. On constate que le log loss le plus bas pour cette méthode est de 0,052. Cette méthode contient 1000 arbres et obtient le log loss le plus bas lorsqu'on considère 62 variables par nœud. En ce qui concerne le boosting par gradient, représenté par la figure du milieu, son log loss le plus bas est de 0,045. On construit ce modèle avec 38 arbres avec un seul nœud. Finalement, la méthode Elastic-Net détient un log loss bas à 0,057. Le modèle qui minimise le log loss a un  $\alpha = 0$  ce qui représente une classification logit avec une pénalité Ridge. Le coefficient  $\lambda$  qui minimise le log loss est de 0,01.

La performance des modèles est présentée dans le tableau B.1 qui contient les matrices de confusion pour les trois méthodes de classification. En ce qui concerne la performance dans l'ensemble d'entraînement, la méthode de forêt aléatoire ne commet aucune erreur de classification, ce qui lui donne un taux d'erreur de 0 %, ce qui nous laisse croire qu'il y a du *overfitting*. La méthode de boosting par



Note : Les graphes ne sont pas sur la même échelle de mesure car la pente du log loss du deuxième graphe est faible en comparaison des deux autres méthodes.

Figure B.1: Log loss de la méthode de forêt aléatoire, boosting par gradient et Elastic-Net.

gradient commet 16 erreurs pour un taux d'erreur de 0,77 %. La méthode de classification logit avec pénalité Ridge commet 8 erreurs avec un taux d'erreur de 0,38 %. La performance sur l'ensemble test donne un ordre différent, la méthode de forêt aléatoire est celui qui classe avec un taux d'erreur plus élevé, soit de 2,99 %. La méthode de boosting par gradient classe avec un taux d'erreur de 2,14 %, le plus bas de toutes les méthodes. Finalement, la méthode Ridge a un taux d'erreur de 2,56 %.

D'un côté, les seuils de classifications semblent relativement bas pour chaque méthode. Celle de la forêt aléatoire a un seuil de classification de 39,59 %, celui du

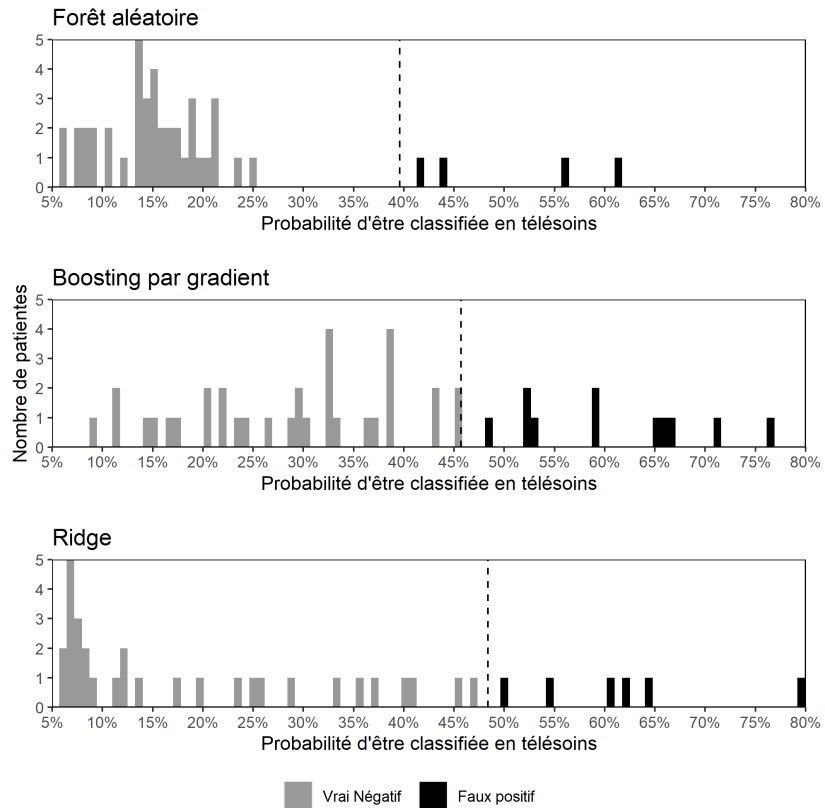
Tableau B.1: Matrice de confusion pour l'ensemble d'entraînement, l'ensemble test et l'ensemble des données à l'aide de la méthode de classification Ridge.

<b>Forêt aléatoire</b>									
Ensemble d'entraînement			Ensemble test			Ensemble des données			
	$\hat{y} = 0$	$\hat{y} = 1$	Erreur	$\hat{y} = 0$	$\hat{y} = 1$	Erreur	$\hat{y} = 0$	$\hat{y} = 1$	Erreur
$y = 0$	2 020	0	0 %	223	4	1,76 %	2 332	266	10,24 %
$y = 1$	0	56	0 %	3	4	42,86 %	3	60	4,76 %
Total	2 020	56	0 %	226	8	2,99 %	2 335	326	10,11 %
<b>Boosting par gradient</b>									
Ensemble d'entraînement			Ensemble test			Ensemble des données			
	$\hat{y} = 0$	$\hat{y} = 1$	Erreur	$\hat{y} = 0$	$\hat{y} = 1$	Erreur	$\hat{y} = 0$	$\hat{y} = 1$	Erreur
$y = 0$	2 011	9	0,45 %	225	2	0,88 %	2 304	294	11,32 %
$y = 1$	7	49	12,5 %	3	4	42,86 %	10	53	15,87 %
Total	2 018	58	0,77 %	228	6	2,14 %	2 314	347	11,42 %
<b>Ridge</b>									
Ensemble d'entraînement			Ensemble test			Ensemble des données			
	$\hat{y} = 0$	$\hat{y} = 1$	Erreur	$\hat{y} = 0$	$\hat{y} = 1$	Erreur	$\hat{y} = 0$	$\hat{y} = 1$	Erreur
$y = 0$	2 016	4	0,20 %	225	2	0,88 %	2 356	242	4,54 %
$y = 1$	4	52	7,14 %	4	3	57,14 %	8	55	12,70 %
Total	2 020	56	0,38 %	229	5	2,56 %	2 364	297	9,39 %

Note : Calculs de l'auteur. Le seuil de classification qui maximise le score F1 pour la méthode de forêt aléatoire est de 39,59 %. Le seuil de classification pour la méthode de boosting par gradient est de 45,71 %. Le seuil de classification pour la méthode Ridge est de 48,39 %.

boosting par gradient a un seuil de 45,71 % et finalement, la méthode Ridge a un seuil de 48,39 %. D'un autre côté, le nombre d'observations dans chaque groupe contrôle ne suit pas l'ordre donné par les seuils de classification. La méthode de forêt aléatoire classe en tout 262 observations sur 351, donc 74,64 % des patientes dans l'échantillon 1. La méthode de boosting par gradient classe 283 patientes pour un total de 80,63 % de l'échantillon 1. Cela implique peu de rejet pour une méthode avec une performance aussi bonne dans l'ensemble test. Finalement, la méthode Ridge classe 236 patientes pour un total de 67,64 %

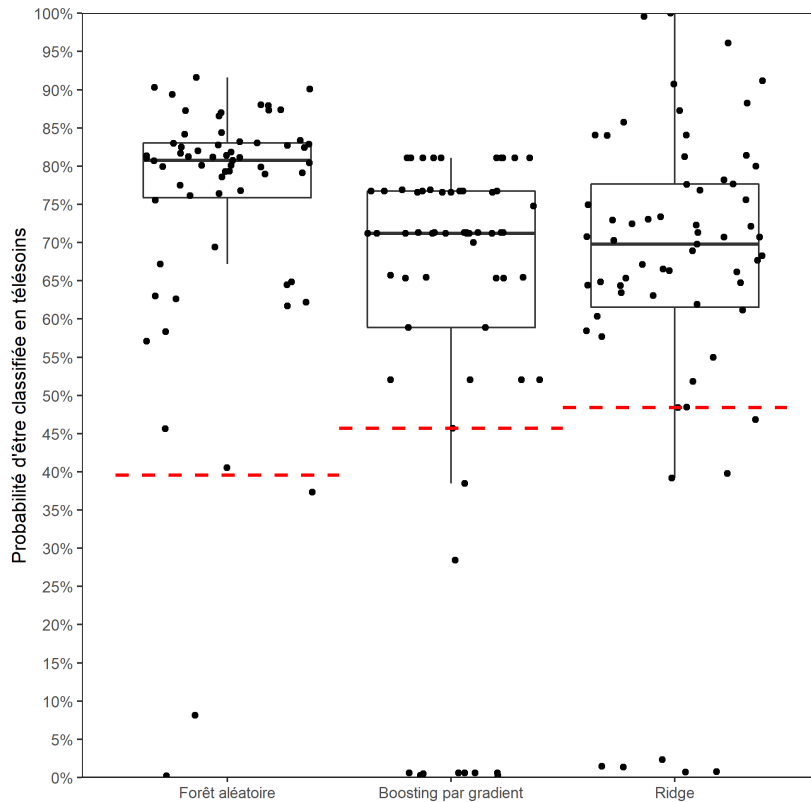
de l'échantillon des patientes atteintes de diabète gestationnel sans accès au programme de télésoins.



Note : Calculs de l'auteur. Cette figure ne contient pas les observations dont la probabilité est moins élevée que 5 %. Autrement, il serait difficile d'observer les faux positifs. La ligne noire pointillée représente le seuil de classification calculé par le score F1 pour chaque modèle respectif.

Figure B.2: Distribution des probabilités de classification selon la méthode pour les observations classifiées comme vrais négatifs et faux positifs de l'échantillon 2.

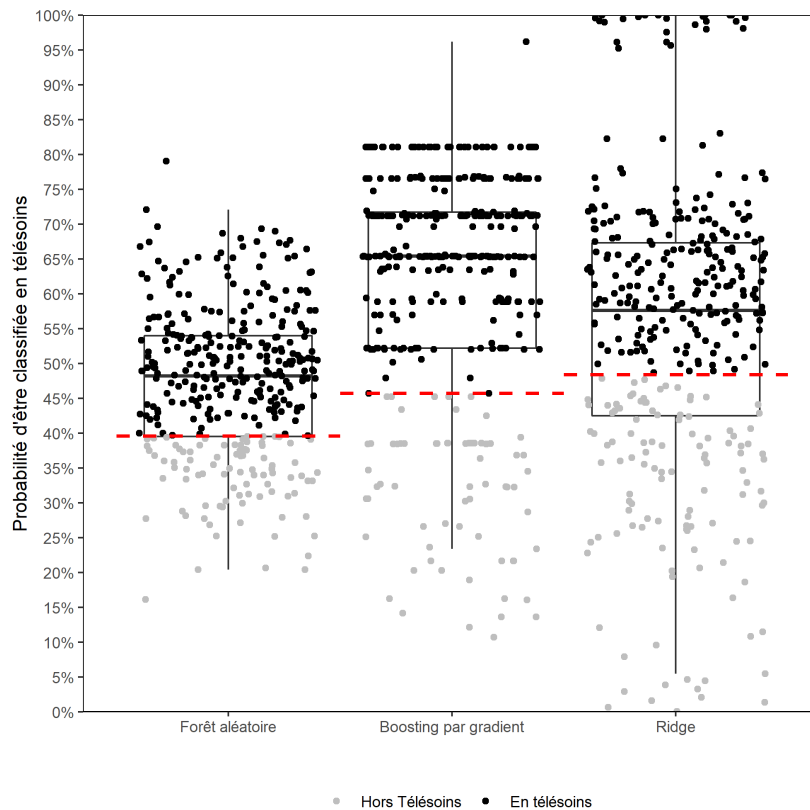
Afin de mieux comprendre la classification de chaque méthode, on se tourne vers la figure B.2. Celle-ci représente la distribution des probabilités de classification selon la méthode pour les observations classifiées comme vrais négatifs et faux positifs dans l'échantillon 2. On constate rapidement que le nombre de faux posi-



Note : Calculs de l'auteur. Les lignes pointillées de couleur rouge représentent les seuils de classifications de chaque méthode.

Figure B.3: Distribution de la probabilité d'être classifiée en télésoins les patientes admises en télésoins.

tifs dans l'échantillon 2 est plus élevé pour la méthode de boosting par gradient. Non seulement le nombre est élevé, mais certains faux positifs détiennent des probabilités relativement élevées, dépassant 75 %. La méthode de forêt aléatoire détient peu de faux positifs, mais cela est grandement expliqué par sa performance dans l'ensemble d'entraînement qui laissait croire qu'il y avait présence de *overfitting*. Une autre constatation concerne la quantité d'observation autour des seuils de classification qui est élevée pour la méthode de boosting par gradient en



Note : Calculs de l'auteur. Les lignes pointillées de couleur rouge représentent les seuils de classifications de chaque méthode.

Figure B.4: Distribution de la probabilité d'être classifiée en télésoins sur l'échantillon 1 selon la méthode.

comparaison avec les deux autres méthodes.

Lorsqu'on analyse la classification des trois méthodes sur les patientes admises en télésoins à la figure B.3, on constate que la méthode de forêt aléatoire à une médiane plus élevée que les autres. Lorsqu'on regarde la performance du même modèle sur l'échantillon 1 à la figure B.4, on constate le contraire, sa médiane est désormais la plus basse. De plus, les observations avec les plus hautes probabilités d'être classifiée en télésoins ne dépassent pas 80 % et la majorité des observations

se retrouvent en dessous de 70 %, ce qui est peu en comparaison des autres méthodes. Au-delà des nombreux faux positifs commis par la méthode de boosting par gradient, celle-ci garde sa performance autant dans la classification des patientes admises en télésoins que dans l'échantillon 1. Cependant, les probabilités les plus hautes ne dépassent pas 80 % peu importe l'observation. La méthode Ridge permet d'observer des probabilités avec des valeurs élevées parmi les patientes admises en télésoins. Cette performance se transmet également à l'échantillon 1 qui montre des observations avec une classification dotée d'une probabilité élevée. Ce qui est davantage rassurant, c'est que la méthode Ridge est la seule des trois méthodes à rejeter des observations avec autant de confiance, autant avec un seuil de classification plus élevé que les autres, mais également avec des observations qui indiquent des probabilités proches de zéro.

Le tableau B.2 reprend les variables retenues pour les statistiques descriptives dans les tableaux 2.2 et 2.3 de la section 2.2. Le tableau B.2 présente les différentes moyennes pour les patientes atteintes de diabète gestationnel admises en télésoins ainsi que les patientes atteintes de diabète gestationnel sans télésoins mais dont la méthode de classification Ridge a considéré comme éligibles. De plus, le tableau comprend également les moyennes pour les patientes atteintes de diabète gestationnel qui n'ont pas été sélectionnées par la méthode de classification Ridge. On y ajoute également la valeur-p associée à un test de comparaison entre les patientes atteintes de diabète gestationnel avec télésoins et les patientes atteintes de diabète gestationnel sans télésoins mais éligibles au traitement. La dernière colonne contient la valeur-p associée à un test de comparaison entre les patientes atteintes de diabète gestationnel avec télésoins et les patientes atteintes de diabète gestationnel sans télésoins et non éligibles au traitement. Grâce à ce tableau, nous avons une autre façon de vérifier la validité du groupe contrôle est de le comparer aux statistiques que nous avons dans les tableaux 2.2 et 2.3.

Ces deux tableaux contiennent les valeurs-p pour un test de comparaison entre le groupe de diabète gestationnel avec télésoins et les patientes atteintes de diabète gestationnel sans télésoins. Les deux groupes diffèrent statistiquement dans le nombre d'enfants antérieurs à terme ( $p < 0,01$ ), le nombre d'avortements antérieurs ( $p < 0,10$ ), le nombre total d'enfants antérieurs nés vivants ( $p < 0,05$ ). De plus, les patientes atteintes de télésoins sont plus souvent des habitantes de l'île de Montréal ( $p < 0,05$ ) et ne sont pas divorcées, séparées ou veuves en contraste avec les patientes en diabète gestationnel sans télésoins ( $p < 0,01$ ). Notre groupe contrôle corrige certaines variables. Par exemple, il n'y a plus de différence statistiquement significative entre les patientes en télésoins et celles qui sont sélectionnées par la méthode Ridge pour le nombre d'avortements antérieurs. Le groupe contrôle n'est plus statistiquement différent en proportion de patientes divorcées, séparées ou veuves que celui des télésoins ( $p < 0,10$ ). Les patientes du groupe contrôle n'habitent pas autant à Montréal que les patientes en télésoins mais la valeur-p est désormais plus grande que 0,05 mais inférieur à 0,10. Notre groupe contrôle est cependant moins d'origines ethniques canadiennes que le groupe de télésoins. Lorsqu'on compare les patientes qui n'ont pas été sélectionnées par la méthode de classification Ridge, on constate que celles-ci ont un nombre d'enfants antérieurs nés à terme plus élevé ( $p < 0,10$ ), ont avorté plus souvent que les patientes en télésoins ( $p < 0,10$ ), ont accouché d'enfants nés vivants plus souvent ( $p < 0,10$ ). De plus, elles sont plus souvent célibataires que les patientes en télésoins ( $p < 0,05$ ) ou divorcées, séparées ou veuves tout en étant plus souvent d'origine canadienne ( $p < 0,10$ ) et n'habitent pas autant la ville de Montréal que les patientes en télésoins ( $p < 0,05$ ).

Pour conclure, on constate que la méthode de forêt aléatoire compose avec des problèmes de *overfitting* dans l'ensemble d'entraînement et sa performance est la moins bonne parmi les trois dans l'ensemble test. La méthode de boosting par



gradient quant à elle laisse passer trop de faux positifs, ce qui se reflète dans la quantité trop élevée d'observations classifiées comme similaire aux patientes en télésoins dans l'échantillon 1. Aucune des deux méthodes mentionnées ne semble être capable d'accorder des probabilités élevées à des patientes admises en télésoins dans l'échantillon 1. Seule la méthode de classification logit avec pénalité Ridge accorde de hautes probabilités à des patientes semblables à celles admises en télésoins et accorde également des valeurs faibles aux patientes qui diffèrent de notre groupe traitement. La méthode Ridge détient également un faible taux d'erreur dans l'ensemble d'entraînement et dans l'ensemble test. Cette méthode retient un nombre d'observations respectable en comparaison des deux autres méthodes qui admettent plusieurs observations. Finalement, le groupe contrôle provenant de la méthode Ridge ressemble davantage aux patientes en télésoins selon les différentes caractéristiques mentionnées dans la section 2.2. Les patientes en télésoins ont moins d'enfants antérieurs que le nouveau groupe contrôle, habitent généralement la ville de Montréal et sont d'origine canadienne.

Tableau B.2: Statistiques comparatives du groupe contrôle et du groupe qui ne sont pas éligibles au programme.

	Diabète gestationnel avec télésoins	Diabète gestationnel sans télésoins et éligible	Diabète gestationnel sans télésoins et non éligible	Valeur-p entre éligible et télésoins	Valeur-p entre non éligible et télésoins
<u>Spécialiste lors de l'accouchement</u>					
Obstétricien	0,46	0,39	0,49	0,2940	0,7356
(En proportion)	(0,50)	(0,49)	(0,50)	–	–
Gynécologue	0,37	0,39	0,37	0,6751	0,9078
(En proportion)	(0,49)	(0,49)	(0,49)	–	–
Médecin de famille ou autres (En proportion)	0,17 (0,38)	0,22 (0,42)	0,14 (0,35)	0,4099 –	0,5426 –
<u>Historique d'accouchement</u>					
Nombres d'enfants antérieurs nés à terme	0,57 (0,76)	0,92 (0,94)	0,82 (1,10)	0,0029 –	0,0748 –
Nombre d'enfants antérieurs prématurés	0,06 (0,30)	0,07 (0,28)	0,08 (0,43)	0,8405 –	0,7711 –
Nombre d'avortements antérieurs	0,54 (0,91)	0,72 (1,09)	0,93 (1,88)	0,1739 –	0,0669 –
Nombre total d'enfants antérieurs nés vivants	0,60 (0,77)	0,95 (0,95)	0,85 (1,07)	0,0033 –	0,0806 –
Nombre d'enfants nés à l'aide de technique de procréation assistée	0,06 (0,25)	0,05 (0,21)	0,10 (0,30)	0,6196 –	0,4390 –
<u>État civil</u>					
Conjoint de fait	0,40 (0,49)	0,32 (0,47)	0,37 (0,48)	0,2826 –	0,6813 –
Mariée	0,56 (0,50)	0,62 (0,49)	0,47 (0,50)	0,3426 –	0,2756 –
Célibataire	0,05 (0,21)	0,04 (0,20)	0,15 (0,36)	0,8619 –	0,0205 –
Div/Sep/Veuve	0,00 (0,00)	0,01 (0,11)	0,02 (0,13)	0,0833 –	0,1582 –
<u>Autres</u>					
Âge de la mère	33,67 (4,17)	33,57 (4,21)	33,26 (6,04)	0,8735 –	0,5992 –
Canadienne	0,41 (0,50)	0,30 (0,46)	0,57 (0,50)	0,0971 –	0,0524 –
Habite à Montréal	0,90 (0,30)	0,83 (0,38)	0,78 (0,41)	0,0985 –	0,0242 –
Observations	63	236	115	–	–

Note : Moyennes et écarts-types (entre parenthèses). Calculs de l'auteur à partir des données PPM et MED-ÉCHO.

## APPENDICE C

### MODÈLE DE L'EFFET DES TÉLÉSOINS À DOMICILE

Dans cette section, nous affichons les résultats complets pour chaque modèle selon l'indicateur choisi. Les dix modèles sont placés respectivement en deux parties et sont représentés dans les tableaux C.1 et C.2. Chaque tableau contient l'ensemble des variables de contrôles mentionnées dans la section 3 mais en cas de colinéarité, la valeur des coefficients est représentée par un tiret (-).

Tableau C.1: Effets estimés du programme de télésoins à partir du groupe contrôle provenant de la classification Ridge sur les indicateurs de santé de 1 à 5.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Durée de séjour de la mère	Coût de séjour de la mère	Durée gestationnel en jours	Durée de séjour du nouveau-né	Poids en kilogramme
Admises en télésoins	-0,080 (0,136)	-213,019 (183,178)	2,006 (1,304)	-0,205 (0,357)	0,043 (0,060)
Âge de la mère	-0,352** (0,162)	-310,445* (177,163)	3,387 (2,194)	-1,230* (0,726)	0,028 (0,073)
Âge de la mère au carré	0,006** (0,002)	5,382** (2,598)	-0,053 (0,032)	0,020* (0,011)	-0,001 (0,001)
Mariée	-0,219 (0,409)	-325,361 (404,405)	2,737 (3,597)	-0,505 (0,900)	0,048 (0,116)
Div/Sep/Veuve	-0,313 (0,740)	39,239 (845,558)	9,159* (5,392)	-1,188 (1,182)	0,305 (0,322)
Conjointe de fait	-0,213 (0,430)	-287,446 (413,881)	1,620 (3,718)	0,031 (0,964)	-0,016 (0,130)
Est Canadienne	-0,104 (0,127)	-231,022 (149,893)	3,278** (1,339)	-1,326*** (0,509)	0,112* (0,063)
Habite à Montréal	0,188 (0,151)	108,694 (176,740)	-1,664 (1,175)	0,575* (0,297)	-0,159** (0,075)
Médecin de famille	-0,020 (0,252)	-175,956 (331,235)	2,406* (1,357)	0,519 (0,427)	0,071 (0,064)
Obstétricien	-0,149 (0,132)	-94,522 (195,705)	-1,817 (1,292)	0,554 (0,370)	-0,071 (0,060)
Nombre d'enfants antérieurs nés à terme	-0,106 (0,154)	121,785 (282,724)	0,834 (2,384)	-1,311** (0,512)	0,150 (0,108)
Nombre d'enfants antérieurs prématurés	-0,003 (0,166)	403,184 (301,285)	-1,852 (2,595)	-0,120 (0,667)	-0,042 (0,108)
Nombre d'avortements antérieurs	-0,027 (0,051)	-119,599* (69,106)	-0,105 (0,558)	0,165 (0,205)	0,033 (0,026)
Nombre d'enfants antérieurs nés vivants	-0,127 (0,181)	-426,840 (281,444)	0,046 (2,339)	0,877* (0,485)	-0,106 (0,109)
Nouveau-né de sexe masculin	0,035 (0,122)	-17,910 (192,907)	0,113 (1,072)	-0,175 (0,300)	0,172*** (0,051)
Nombre d'enfants nés à l'aide de technique de procréation assistés	0,629 (0,450)	421,850 (470,492)	-4,332 (2,947)	2,538 (1,996)	-0,222 (0,172)
Constante	8,364*** (2,710)	7 625,610** (2 977,281)	217,132*** (38,000)	21,546* (12,496)	2,969** (1,248)
<i>N</i>	299	299	299	299	299

Erreur-type entre parenthèse. La significativité est représentée par des astérisques : \* p < 0,10, \*\* p < 0,05, \*\*\* p < 0,01.

Tableau C.2: Effet estimé du programme de télésoins à partir du groupe contrôle provenant de la classification Ridge sur les indicateurs de santé de 6 à 10.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Score Apgar à 1 minute	Score Apgar à 5 minutes	Score Apgar à 10 minutes	Césarienne en %	Faible poids en %
Admises en télésoins	-0,142 (0,226)	0,048 (0,119)	0,077 (0,070)	-0,004 (0,053)	-0,070** (0,030)
Âge de la mère	0,212 (0,179)	0,102 (0,108)	0,103 (0,082)	0,075 (0,063)	0,013 (0,047)
Âge de la mère au carré	-0,003 (0,003)	-0,001 (0,002)	-0,001 (0,001)	-0,001 (0,001)	0,000 (0,001)
Mariée	0,033 (0,557)	0,310 (0,394)	0,076 (0,102)	-0,055 (0,126)	- -
Div/Sep/Veuve	0,296 (0,556)	0,714 (0,485)	0,462* (0,269)	0,086 (0,239)	- -
Conjointe de fait	0,065 (0,531)	0,262 (0,382)	0,066 (0,111)	0,007 (0,131)	- -
Est Canadienne	-0,040 (0,244)	0,032 (0,127)	-0,057 (0,089)	-0,079 (0,048)	-0,081*** (0,023)
Habite à Montréal	-0,173 (0,133)	-0,152** (0,073)	-0,136** (0,062)	-0,090 (0,069)	- -
Médecin de famille	0,063 (0,232)	-0,004 (0,147)	0,049 (0,097)	-0,100** (0,046)	-0,022 (0,035)
Obstétricien	0,156 (0,190)	0,087 (0,117)	0,142* (0,079)	0,097* (0,051)	0,040 (0,040)
Nombre d'enfants antérieurs nés à terme	-0,202 (0,310)	-0,151 (0,181)	-0,165* (0,097)	0,183** (0,087)	-0,807*** (0,180)
Nombre d'enfants antérieurs prématurés	0,043 (0,347)	-0,010 (0,174)	-0,087 (0,106)	0,298*** (0,097)	-0,789*** (0,194)
Nombre d'avortements antérieurs	0,085 (0,057)	0,033 (0,034)	0,001 (0,023)	-0,055** (0,024)	-0,025 (0,017)
Nombre d'enfants antérieurs nés vivants	0,354 (0,316)	0,174 (0,183)	0,153 (0,101)	-0,237*** (0,087)	0,772*** (0,179)
Nouveau-né de sexe masculin	-0,307* (0,173)	-0,142 (0,100)	-0,124* (0,064)	0,090** (0,043)	-0,067** (0,028)
Nombre d'enfants nés à l'aide de technique de procréation assistés	0,062 (0,391)	-0,111 (0,189)	-0,008 (0,069)	-0,054 (0,098)	0,237* (0,134)
Constante	4,919 (3,110)	6,677*** (1,909)	7,051*** (1,427)		
<i>N</i>	290	290	290	299	239

Erreur-type entre parenthèses. La significativité est représentée avec des astérisques : \*  $p < 0,10$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*\*\*  $p < 0,01$ . Les variables colinéaires sont représentées par des tirets (-).

## BIBLIOGRAPHIE

- Acker, D., Sachs, B. P. et Friedman, E. A. (1985). Risk factors for shoulder dystocia. *Obstetrics and gynecology*, 66(6), 762–768.
- Al-Hakeem, M. M. (2006). Pregnancy outcome of gestational diabetic mothers: Experience in a tertiary center. *Journal of family & community medicine*, 13(2), 55.
- Apgar, V. (2015). A proposal for a new method of evaluation of the newborn infant. *Anesthesia & Analgesia*, 120(5), 1056–1059.
- Bharadwaj, P., Lundborg, P. et Rooth, D.-O. (2018). Birth weight in the long run. *Journal of Human Resources*, 53(1), 189–231.
- Bitler, M. P. et Currie, J. (2005). Does wic work? the effects of wic on pregnancy and birth outcomes. *Journal of Policy Analysis and Management: The Journal of the Association for Public Policy Analysis and Management.*, 24(1), 73–91.
- Black, S. E., Devereux, P. J. et Salvanes, K. G. (2007). From the cradle to the labor market? the effect of birth weight on adult outcomes. *The Quarterly Journal of Economics*, 122(1), 409–439.
- Boyle, E. M., Poulsen, G., Field, D. J., Kurinczuk, J. J., Wolke, D., Alfrevic, Z. et Quigley, M. A. (2012). Effects of gestational age at birth on health outcomes at 3 and 5 years of age: population based cohort study. *Bmj*, 344, e896.
- Breining, S., Daysal, N. M., Simonsen, M. et Trandafir, M. (2015). Spillover effects of early-life medical interventions.

- Bureau d'information et d'études en santé des populations (2017). *Évolution du diabète gestationnel au Québec de 1989 à 2012*. Rapport technique, Rapport de surveillance soumis à l'Institut National de Santé Publique du Québec.
- Casey, B. M., Lucas, M. J., McIntire, D. D. et Leveno, K. J. (1997). Pregnancy outcomes in women with gestational diabetes compared with the general obstetric population. *Obstetrics & Gynecology*, 90(6), 869–873.
- Casey, B. M., McIntire, D. D. et Leveno, K. J. (2001). The continuing value of the apgar score for the assessment of newborn infants. *New England Journal of Medicine*, 344(7), 467–471.
- Centre de Coordination de la Télésanté (2019). Qui somme nous. Récupérée de: <https://telesantechum.ca/qui-sommes-nous>.
- Cheng, Y., Wang, F., Zhang, P. et Hu, J. (2016). Risk prediction with electronic health records: A deep learning approach. Dans *Proceedings of the 2016 SIAM International Conference on Data Mining*, 432–440. SIAM.
- Chien, M., Geffen, E. et Gordon, D. (2011). Telehealth benefits and adoption—connecting people and providers across canada. *A Study Commissioned by Canada Health Infoway*, 30.
- Cropper, M. L. (1977). Health, investment in health, and occupational choice. *Journal of Political Economy*, 85(6), 1273–1294.
- Currie, J. et Hyson, R. (1999). Is the impact of health shocks cushioned by socioeconomic status? the case of low birthweight. *American Economic Review*, 89(2), 245–250.
- Dawson, A., Cohen, D., Candelier, C., Jones, G., Sanders, J., Thompson, A., Arnall, C. et Coles, E. (1999). Domiciliary midwifery support in high-risk preg-

- nancy incorporating telephonic fetal heart rate monitoring: a health technology randomized assessment. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 5(4), 220–230.
- Daysal, N. M., Trandafir, M. et van Ewijk, R. (2019). Low-risk isn't no-risk: Perinatal treatments and the health of low-income newborns. *Journal of health economics*, 64, 55–67.
- Delpapa, E. H. et Mueller-Heubach, E. (1991). Pregnancy outcome following ultrasound diagnosis of macrosomia. *Obstetrics and gynecology*, 78(3 Pt 1), 340–343.
- Dornhorst, A., Paterson, C., Nicholls, J., Wadsworth, J., Chiu, D., Elkeles, R., Johnston, D. et Beard, R. (1992). High prevalence of gestational diabetes in women from ethnic minority groups. *Diabetic Medicine*, 9(9), 820–825.
- Duffy, F. H., Als, H. et McAnulty, G. B. (1990). Behavioral and electrophysiological evidence for gestational age effects in healthy preterm and fullterm infants studied two weeks after expected due date. *Child Development*, 61(4), 1271–1286.
- Eide, M. G., Øyen, N., Skjøerven, R., Nilsen, S. T., Bjerkedal, T. et Tell, G. S. (2005). Size at birth and gestational age as predictors of adult height and weight. *Epidemiology*, 175–181.
- Feig, D. S., Hwee, J., Shah, B. R., Booth, G. L., Bierman, A. S. et Lipscombe, L. L. (2014). Trends in incidence of diabetes in pregnancy and serious perinatal outcomes: a large, population-based study in ontario, canada, 1996–2010. *Diabetes Care*, 37(6), 1590–1596.
- Friedman, J., Hastie, T. et Tibshirani, R. (2001). *The elements of statistical learning*, volume 1. Springer series in statistics New York.



- Gottlieb, A. G. et Galan, H. L. (2007). Shoulder dystocia: An update. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America*, 34(3), 501 – 531. Obstetric and Gynecologic Emergencies, <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ogc.2007.07.002>. Récupéré de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889854507000630>
- Grijbovski, A. M., Harris, J. R. et Magnus, P. (2005). Birthweight and adult health in a population-based sample of norwegian twins. *Twin Research and Human Genetics*, 8(2), 148–155.
- Grossman, M. (1972). On the concept of health capital and the demand for health. *Journal of Political economy*, 80(2), 223–255.
- Hack, M., Flannery, D. J., Schluchter, M., Cartar, L., Borawski, E. et Klein, N. (2002). Outcomes in young adulthood for very-low-birth-weight infants. *New England Journal of Medicine*, 346(3), 149–157.
- Hack, M., Taylor, H. G., Klein, N., Eiben, R., Schatschneider, C. et Mercuri-Minich, N. (1994). School-age outcomes in children with birth weights under 750 g. *New England Journal of Medicine*, 331(12), 753–759.
- Haddad, A. (2013). Évaluation d'un projet pilote en télésanté pour le traitement des accidents vasculaires cérébraux.
- Haeck, C. et Lefebvre, P. (2016). A simple recipe: The effect of a prenatal nutrition program on child health at birth. *Labour Economics*, 41, 77–89.
- Hediger, M. L., Overpeck, M. D., Ruan, W. J. et Troendle, J. F. (2002). Birth-weight and gestational age effects on motor and social development. *Paediatric and perinatal epidemiology*, 16(1), 33–46.
- Hoffman, C. S., Messer, L. C., Mendola, P., Savitz, D. A., Herring, A. H. et Hartmann, K. E. (2008). Comparison of gestational age at birth based on last

menstrual period and ultrasound during the first trimester. *Paediatric and perinatal epidemiology*, 22(6), 587–596.

Institut Canadien d’Information sur la Santé (2011). *Le moment propice: Pourquoi l’âge de la mère est déterminant*. Rapport technique.

Institut canadien d’information sur la santé (2020a). Omdocateurs d’accouchement selon le lieu de résidence. Récupérée de: <https://www.cihi.ca/fr/bdcp-et-bdmh-indicateurs-daccouchement-selon-le-lieu-de-residence>.

Institut canadien d’information sur la santé (2020b). Structure de la codification de la CCI. Récupérée de: <https://www.cihi.ca/fr/structure-de-codification-de-la-cci>.

Institut national d’excellence en santé et en services sociaux (2014). La télésanté clinique au québec : un regard éthique.

Jaana, M., Paré, G. et Sicotte, C. (2009). Home telemonitoring for respiratory conditions: a systematic review. *The American journal of managed care*, 15(5), 313–320.

Jain, L., Ferre, C., Vidyasagar, D., Nath, S. et Sheftel, D. (1991). Cardiopulmonary resuscitation of apparently stillborn infants: survival and long-term outcome. *The Journal of pediatrics*, 118(5), 778–782.

James, G., Witten, D., Hastie, T. et Tibshirani, R. (2013). *An introduction to statistical learning*, volume 112. Springer.

Johnson, R. C. et Schoeni, R. F. (2011). The influence of early-life events on human capital, health status, and labor market outcomes over the life course. *The BE journal of economic analysis & policy*, 11(3).

- Ju, H., Rumbold, A. R., Willson, K. J. et Crowther, C. A. (2008). Borderline gestational diabetes mellitus and pregnancy outcomes. *BMC pregnancy and childbirth*, 8(1), 31.
- Kasdorf, E., Laptook, A., Azzopardi, D., Jacobs, S. et Perlman, J. M. (2015). Improving infant outcome with a 10 min apgar of 0. *Archives of Disease in Childhood-Fetal and Neonatal Edition*, 100(2), F102–F105.
- Kieler, H., Axelsson, O., Nilsson, S. et Waldenström, U. (1995). The length of human pregnancy as calculated by ultrasonographic measurement of the fetal biparietal diameter. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology: The Official Journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 6(5), 353–357.
- La Presse (2020). Une foule de nouvelles annonces de télémédecine ont lieu jeudi et vendredi pour lutter contre la COVID-19. Récupérée de: <https://www.lapresse.ca/covid-19/2020-03-20/la-telemedecine-monte-au-front>.
- Langer, O., Berkus, M. D., Huff, R. W. et Samueloff, A. (1991). Shoulder dystocia: Should the fetus weighing  $\geq 4000$  grams be delivered by cesarean section? *American journal of obstetrics and gynecology*, 165(4), 831–837.
- Lemelin, A., De Patureaux, R., Paré, G., Bernard, S. et Godbout, A. (2018). *Evaluation of a telehomecare initiative used in women with gestational diabetes*. Rapport technique, Rapport soumis à l'Inforoute Santé du Canada.
- Lemelin, A., Paré, G., Bernard, S. et Godbout, A. (2020). Demonstrated cost-effectiveness of a telehomecare program for gestational diabetes mellitus management. *Diabetes technology & therapeutics*, 22(3), 195–202.
- Leong, N. M., Mignone, L. I., Newcomb, P. A., Titus-Ernstoff, L., Baron, J. A., Trentham-Dietz, A., Stampfer, M. J., Willett, W. C. et Egan, K. M. (2003).

- Early life risk factors in cancer: the relation of birth weight to adult obesity. *International journal of cancer*, 103(6), 789–791.
- Mathieu et Dubé, L. (2017). Des services cliniques en télésanté. récupéré de <https://www.oiiq.org/documents/20147/271608/services-cliniques-telesante.pdf/cf607948-203b-d33a-94ca-4f8c4cb55b6a>.
- Muurinen, J.-M. (1982). Demand for health: a generalised grossman model. *Journal of Health economics*, 1(1), 5–28.
- Naylor, C. D., Sermer, M., Chen, E. et Farine, D. (1997). Selective screening for gestational diabetes mellitus. *New England Journal of Medicine*, 337(22), 1591–1596.
- Organisation Mondiale de la Santé (2019). Thème de santé: Diabète. Récupérée de: [https://www.who.int/topics/diabetes\\_mellitus/fr/](https://www.who.int/topics/diabetes_mellitus/fr/).
- Paré, G., Poba-Nzaou, P. et Sicotte, C. (2013a). Home telemonitoring for chronic disease management: an economic assessment. *International journal of technology assessment in health care*, 29(2), 155.
- Paré, G., Poba-Nzaou, P., Sicotte, C., Beaupré, A., Lefrançois, É., Nault, D. et Saint-Jules, D. (2013b). Comparing the costs of home telemonitoring and usual care of chronic obstructive pulmonary disease patients: a randomized controlled trial. *European Research in Telemedicine/La Recherche Européenne en Télémedecine*, 2(2), 35–47.
- Paré, G., Sicotte, C., Chekli, M., Jaana, M., Blois, C. D. et Bouchard, M. (2009). A pre-post evaluation of a telehomecare program in oncology and palliative care. *Telemedicine and e-Health*, 15(2), 154–159.

- Paré, G., Sicotte, C., St.-Jules, D. et Gauthier, R. (2006). Cost-minimization analysis of a telehomecare program for patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Telemedicine Journal & e-Health*, 12(2), 114–121.
- Paré, G. et Sicotte, C. (2007). *Intensité du déploiement des technologies de l'information dans les établissements de santé au Québec*. Rapport technique, Rapport d'expertise soumis au Groupe de travail sur le financement du système de santé.
- Pham, T., Tran, T., Phung, D. et Venkatesh, S. (2017). Predicting healthcare trajectories from medical records: A deep learning approach. *Journal of biomedical informatics*, 69, 218–229.
- Politi, S., D'Emidio, L., Cignini, P., Giorlandino, M. et Giorlandino, C. (2010). Shoulder dystocia: an evidence-based approach. *Journal of prenatal medicine*, 4(3), 35.
- Powers, P. (2012). Québec s e-health journey-assessing the path forward. *Electron Healthc*, 10(3), e30–e44.
- Radio-Canada (2020). Télémédecine: une petite révolution au Québec dans la tempête covid-19. Récupérée de: <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1679294/telemedecine-quebec-coronavirus-covid-19>.
- Redman, C. W. et Sargent, I. L. (2005). Latest advances in understanding preeclampsia. *Science*, 308(5728), 1592–1594.
- Royal College of Obstetricians and Gynecologists (2005). RCOG guideline no. 23.
- Sandner, M., Cornelissen, T., Jungmann, T. et Herrmann, P. (2018). Evaluating the effects of a targeted home visiting program on maternal and child health outcomes. *Journal of health economics*, 58, 269–283.

Sermer, M., Naylor, C. D., Gare, D. J., Kenshole, A. B., Ritchie, J., Farine, D., Cohen, H. R., McArthur, K., Holzapfel, S., Biringer, A. *et al.* (1995). Impact of increasing carbohydrate intolerance on maternal-fetal outcomes in 3637 women without gestational diabetes: the toronto tri-hospital gestational diabetes project. *American journal of obstetrics and gynecology*, 173(1), 146–156.

Sicotte, C., Lehoux, P., Van Doesburg, N., Cardinal, G. et Leblanc, Y. (2004). A cost-effectiveness analysis of interactive paediatric telecardiology. *Journal of telemedicine and telecare*, 10(2), 78–83.

Statistique Canada (2010). Définitions, produit numéro 84-208-x2010001 au catalogue de Statistique Canada.

Statistique Canada (2019). Recensement de la population de 2016, produit numéro 98-400-X2016189 au catalogue de Statistique Canada.

World Health Organization *et al.* (2004). ICD-10: international statistical classification of diseases and related health problems: tenth revision.