

**Étude de cas sur la conception et le déploiement d'un modèle
de prédiction du risque d'incendie dans le
Service de sécurité incendie de Montréal (SIM)**

Par

Christian Boudreau (Ph. D.)

Professeur à l'ÉNAP

ÉNAP ÉCOLE NATIONALE
D'ADMINISTRATION
PUBLIQUE

Novembre 2022

Table des matières

1. Le contexte	3
2. La conception du modèle de prédiction d'incendie.....	5
3. Le rendement du modèle de prédiction	8
4. La première année du déploiement du modèle (2020)	9
5. Les deuxième et troisième années de déploiement du modèle (2021 et 2022).....	11
6. Les retombées du modèle de prédiction d'incendie	13
7. Pistes d'amélioration	14
8. Les enjeux informationnels et organisationnels	15
Conclusion.....	19

1. Le contexte

Depuis les fusions municipales de 2002, le Service de sécurité incendie de Montréal (SIM) étend ses interventions à l'agglomération de Montréal, qui comprend la Ville de Montréal et les 15 autres municipalités de l'île de Montréal. Avec ses 66 casernes de pompiers, le SIM est le deuxième plus grand service d'incendie au Canada. Il intervient « lors de tous types d'urgence, incluant les urgences médicales, les incendies et les mesures d'urgence¹ ». Le SIM intervient aussi lors d'actions de prévention et d'éducation auprès de la population par l'entremise de ses agents de prévention.

C'est dans une perspective de prévention des incendies que s'inscrit cette étude de cas. Plus précisément, elle porte sur la conception et le déploiement d'un modèle de prédiction visant à mesurer le risque d'incendie des bâtiments sur le territoire de l'agglomération de Montréal afin de planifier les activités de prévention, en particulier l'inspection des bâtiments. En plus de retracer l'histoire du premier modèle de prédiction du risque d'incendie au Québec, cette étude montre les bénéfices, les enjeux et les défis qui accompagnent la conception et le déploiement d'un tel outil.

Les résultats de l'étude s'appuient principalement sur des informations recueillies lors d'entretiens semi-dirigés, d'une durée variant entre 60 et 120 minutes, menés aux mois de février et de mars 2022 auprès de quatre représentants du SIM² et d'un représentant du

¹ Site Web du SIM, consulté le 1 juillet 2022 : <https://ville.montreal.qc.ca/sim/mission-vision-et-valeurs>.

² Dave Waterhouse (Chef de division, Planification et ressources informationnelles, au moment de l'entretien), Karine Séguin (Cheffe de section de la division de la Planification et des ressources informationnelles, au moment de l'entretien), Daniel De Vies (Chef de division de la division des Mesures opérationnelles en prévention) et François Poitevin (Conseiller en planification).

Service des technologies de l'information de la Ville de Montréal³. Les propos de ces répondants apparaissent en italiques ; ils sont tantôt insérés entre guillemets (« ») dans le texte, tantôt placés en retrait du texte. Nous tenons à remercier la disponibilité et la franchise des répondants de l'étude, qui ont aussi été d'importants acteurs dans la conception et le déploiement d'un modèle de prédiction du risque d'incendie. Leurs propos constituent la matière première de notre recherche. Sans eux, l'étude n'aurait pas été possible, tout comme le projet.

Les agents de prévention du SIM inspectent annuellement environ 7 500 bâtiments, sur un total de 334 000 bâtiments situés sur son territoire. Ainsi, le SIM dispose d'effectifs lui permettant d'inspecter annuellement environ 2,3 % des bâtiments de l'agglomération de Montréal. Par l'utilisation d'un modèle de prédiction du risque d'incendie, la direction du SIM souhaite optimiser l'utilisation de ses ressources humaines, notamment en orientant le travail d'inspection de ses agents de prévention vers les bâtiments les plus à risque d'incendie. D'autres villes nord-américaines, dont Vancouver, Atlanta, New York et Pittsburgh, utilisent des modèles de prédiction d'incendie pour améliorer l'efficacité des activités d'inspection des bâtiments sur leur territoire.

³ Patrick Agin, Architecte de solution / Scientifique de données à la Ville de Montréal.

2. La conception du modèle de prédiction d'incendie

En 2016, le Centre de Recherche Informatique de Montréal (CRIM⁴) disposait d'un important budget provenant de diverses sources, dont une subvention de la Ville de Montréal pour créer un modèle de prédiction dans la gestion des incendies. Diverses options s'offraient au CRIM⁵. À la suite de discussions avec des représentants du SIM, les chercheurs du CRIM ont opté pour la conception d'un modèle de prédiction d'incendie. Inspiré du modèle de prédiction d'incendie d'Atlanta, appelé *Firebird*⁶, le CRIM a créé, en 2017, une première version du modèle de prédiction d'incendie (ci-après « modèle de prédiction »), en l'adaptant aux besoins du SIM. Contrairement au modèle d'Atlanta, qui s'applique aux bâtiments commerciaux, le modèle de prédiction que voulait créer le CRIM visait l'ensemble des bâtiments de l'agglomération de Montréal.

Pour construire ce modèle de prédiction, le CRIM a demandé au SIM de lui transmettre de nombreuses données sur les interventions et les incidents en matière d'incendie au cours des dix dernières années pour l'agglomération de Montréal. Ces données étaient extraites du principal système opérationnel du SIM, appelé « Sous-Système des Données Opérationnelles (SSDO⁷) ». « *Ce système, c'est notre bible* », a affirmé un répondant. Une fois les données extraites et transmises au CRIM, celui-ci les a analysées afin de repérer

⁴ Créé il y a plus de 35 ans, le CRIM est un organisme à but non lucratif dont les activités de recherche et de développement font appel aux technologies de l'information et, plus récemment, à l'intelligence artificielle.

⁵ Dont un modèle de prédiction du temps de déplacement des pompiers, un modèle de prédiction du temps de réponse des pompiers et un modèle de prédiction du risque d'incendie des bâtiments.

⁶ <https://firebird.gatech.edu/>.

⁷ Le SSDO recueille des données sur chaque intervention du SIM (par exemple, l'heure d'appel, l'adresse, le type de bâtiment, les unités déployées, le temps de réponse, les dommages matériels, le nombre de citoyens évacués, les signes vitaux des patients, la narration des officiers des interventions, les données d'enquête sur les causes d'incendies, etc.).

les facteurs de risque (ou variables) à insérer dans le modèle, pour prédire une probabilité d'incendie pour chacun des bâtiments de l'agglomération de Montréal.

Une première version du modèle a été créée, en 2017, par les chercheurs du CRIM. Le modèle et ses droits de propriété ont ensuite été transférés au SIM. Est alors entré en scène un scientifique de données de la Ville de Montréal afin de s'approprier, préciser et tester le modèle qui a été produit par le CRIM. *« J'ai été appelé à développer un peu plus précisément le modèle de prédiction d'incendie ... j'ai donc pris en main ce modèle développé par le CRIM »*. En s'appropriant le modèle, le scientifique de données a décidé, de concert avec le SIM, de prendre en charge certains changements à apporter au modèle, de sorte que *« le modèle initial proposé est devenu un tout autre modèle... On a donc développé ni plus ni moins notre propre modèle »*. Dans la nouvelle mouture du modèle, le scientifique de données a transformé l'architecture du modèle et réduit significativement le nombre de variables à considérer par rapport au modèle initial. Par souci de simplification, le modèle de prédiction est passé d'une vingtaine à quatre variables.

On a réalisé que certaines variables, présentes au départ, n'étaient pas si utiles... La majorité d'entre elles étaient même superflues... et leur apport marginal. J'en suis arrivé à considérer un ensemble beaucoup plus petit de 4 variables, et cette réduction ne nuisait pas à la performance du modèle, mais le simplifierait considérablement, ce qui est un avantage indéniable en modélisation. Deux modèles identiques de même performance, on va prendre le plus simple avant le plus complexe... On est aussi plus à l'abri des erreurs de modélisation et des problèmes de collecte de données.

Les quatre variables (ou facteurs de risque) retenues dans le nouveau modèle de prédiction ont été les suivantes : le type de bâtiment (par exemple, résidentiel, condo ou autre), la

catégorie et la sous-catégorie du bâtiment⁸ et le nombre d'incidents passés. Une variable se démarquait particulièrement du lot, compte tenu de son influence déterminante dans le modèle : il s'agissait du nombre d'incidents qui se sont produits au cours des dix dernières années dans un même bâtiment et qui ont nécessité une intervention du SIM.

Les incidents ... c'est plus large que les incendies. On inclut là-dedans une panne d'ascenseur ou un appel pour un petit feu de cuisson ou de la fumée, une alarme d'incendie ou une fuite de gaz. C'est comme des petits signaux qui servent de variables prédictives... Plus ce nombre de signaux est élevé, plus la probabilité d'incendie pour l'année à venir est grande... Je dirais que la plupart des 20 autres variables considérées au départ dans le modèle original se sont avérées un peu superflues... Le nombre d'incidents capte probablement déjà presque toute l'information captée par ces autres variables.

S'appuyant sur une régression logistique composée de quatre variables et de nombreuses données sur l'historique des interventions⁹, le nouveau modèle de prédiction permettait de classer les bâtiments de l'agglomération de Montréal selon leur probabilité d'être victimes d'un incendie dans les 12 prochains mois. Plus concrètement, le modèle permet de générer une liste des 344 000 bâtiments (ou adresses) de Montréal ordonnancés selon leur risque d'incendie, les bâtiments les plus à risque apparaissant au haut de la liste et les moins risqués au bas de cette liste. Pour la majorité des répondants, le modèle apparaît comme un outil d'aide à la décision utile dans la planification des inspections par les agents de prévention.

⁸ Dont les catégories suivantes : résidentiels (11 logements et moins) ; résidentiels (12 logements et plus) ; commerciaux ou semi-commerciaux ; industriels et réseaux d'utilité publique ; publics et gouvernementaux ; terrains vacants et fermes.

⁹ L'historique des interventions s'échelonne sur 120 mois, soit les dix précédentes années. Étant donné que ces données sont réévaluées à tous les premiers du mois, le modèle de prédiction tient toujours compte des 10 dernières années.

3. Le rendement du modèle de prédiction

Avant d'utiliser un modèle de prédiction dans les opérations quotidiennes d'une organisation, il importait de mesurer le rendement du modèle afin de s'assurer qu'il améliorerait la situation. Pour évaluer l'efficacité du modèle de prédiction d'incendie du SIM, une mesure de qualité simple et concrète, appelée « taux de rappel », a été appliquée à 7 500 bâtiments, puis a été évaluée, en janvier 2018, à partir du calcul du pourcentage suivant :

Parmi les bâtiments réellement incendiés en 2018, quel pourcentage se trouve parmi les 7500 plus hautes probabilités fournies par le modèle ?... Sur les 1 934 bâtiments incendiés en 2018, 41,9 % (811) auraient fait partie de la liste d'inspection de 7 500 bâtiments établie au 1/1/2018¹⁰.

Ainsi, 41,9 % des incendies survenus réellement en 2018 se seraient retrouvés parmi les 7 500 premiers bâtiments de la liste ordonnée. Rappelons que 7 500 bâtiments représentent la capacité annuelle moyenne d'inspection du SIM, soit 2,3 % des bâtiments sur son territoire. Dans l'hypothèse où les inspections seraient l'unique fruit du hasard, c'est-à-dire le résultat d'une sélection totalement aléatoire, un tel modèle d'inspections « capterait entre 2 et 3 % des bâtiments qui connaîtraient un incendie dans l'année ». Avec un taux de rappel de 41,9 % des 7 500 bâtiments inspectés au cours de l'année, le modèle de prédiction fait bonne impression auprès des responsables du SIM, qui y voient un outil utile pour la planification des inspections. Grâce à cet outil, il apparaît désormais possible d'optimiser le travail d'inspection des agents de prévention en « les dirigeant vers les bâtiments avec le plus haut taux de probabilité d'avoir un incendie ».

¹⁰ Ville de Montréal, *Projet risque d'incendie*, 6 septembre 2019. Document interne.

Pour que cette mesure de qualité soit la plus fiable et objective possible, il a fallu séparer les données qui servaient à l'entraînement du modèle de prédiction (par exemple, les interventions des dix dernières années) et les données qui servaient à l'évaluation de son rendement (par exemple, le nombre d'incendies déclarés au cours des 12 mois suivants) :

Il ne faut jamais contaminer les données d'entraînement en les mêlant aux données sur l'évaluation de la performance du modèle. Il s'agit d'un principe de base en apprentissage machine... Ainsi, les paramètres du modèle retenu vont avoir été estimés sur des données d'une certaine période, et l'estimation de la performance du modèle va avoir été faite sur un autre ensemble de données qui, lui, n'aura jamais été utilisé pour estimer les paramètres.

Quant aux données ayant servi à l'entraînement du modèle de prédiction, elles s'échelonnent sur une période de dix ans, ce qui permet de constater la stabilité dans le temps du modèle de données : « *Il y a une certaine stationnarité dans les données... Ce qui était vrai il y a 5 ou 10 ans est encore vrai aujourd'hui* ».

4. La première année du déploiement du modèle (2020)

Au début de l'année 2019, le modèle de prédiction est transmis au chef de division du SIM responsable des mesures opérationnelles de la prévention pour l'ensemble de l'agglomération de la Ville de Montréal. Introduit à titre de projet pilote, le modèle est présenté comme une aide à la décision dans le processus de planification des inspections de bâtiments sur l'ensemble de l'agglomération de Montréal. Le modèle de prédiction prend, à ce moment-là, la forme d'un fichier Excel qui classe les bâtiments selon leur probabilité d'incendie dans les douze prochains mois, les bâtiments les plus à risque se situant en haut de la liste. Le chef de division est impressionné par la valeur prédictive du

modèle, notamment après avoir consulté la liste des bâtiments ayant les plus hautes probabilités d'incendie.

Le premier bâtiment que le modèle me dit d'aller voir, c'était sur la rue Y... Et je vais voir dans mon historique, c'était notre premier décès de l'année. Là, je me dis : « Wow ! le modèle que je suis en train d'utiliser... il est vraiment bon !

Le chef de division présente le modèle à ses sept chefs de section. Le SIM décide de ne pas rendre obligatoire le recours au modèle en cette première année d'expérimentation. Cette décision fait suite aux craintes des agents de voir leurs expériences et leurs connaissances du territoire substituées par l'arrivée du modèle prédictif. Toutefois, l'autonomie qui est accordée à l'agent dans le choix des bâtiments à inspecter semble problématique aux yeux de la majorité des répondants.

Pour convaincre les chefs réfractaires d'utiliser le modèle, le chef de division use d'une stratégie de persuasion qui met en lumière l'efficacité du modèle.

Au mois de mars 2020, je rencontre un premier chef qui a eu un décès dans son secteur... Il regarde [le modèle prédictif] et me dit : « Dans mon secteur de caserne, ce serait le premier bâtiment à inspecter durant mon année... Je comprends vraiment que le modèle est bon et je vais le vendre à mes agents. » Celui-là l'a vendu à ses agents... Un mois après, il y a eu un autre décès dans une autre division qui n'avait pas utilisé le modèle prédictif, et j'ai fait la même chose avec le chef.

Bien que le projet pilote ait été prolongé jusqu'en 2020, en raison de la pandémie de COVID-19 qui en a ralenti le déploiement à grande échelle, une majorité de chefs a adhéré au modèle prédictif en cette deuxième année d'expérimentation.

5. Les deuxième et troisième années de déploiement du modèle (2021 et 2022)

Après avoir permis l'utilisation du modèle de prédiction sur une base volontaire lors du projet pilote (2019 et 2020), le SIM rend son utilisation obligatoire pour l'ensemble des agents de prévention du territoire de Montréal à partir de 2021. N'ayant pas la capacité d'inspecter tous les bâtiments, le SIM décide de cibler les bâtiments qui ont une probabilité d'incendie égale ou supérieure à 3 %, selon le modèle de prédiction, pour un total d'environ 7 500 bâtiments à inspecter en 2021. « *C'est les premiers 1 500 bâtiments qui sont payants, puis, après ça, la courbe descend* », précise-t-on.

Pour rendre l'utilisation du modèle de prédiction plus convivial aux agents de prévention et à leur chef, les données Excel sur les bâtiments et leurs probabilités d'incendie sont, depuis 2021, intégrées à l'interface de visualisation de données *Qlik Sense*¹¹. Cette interface permet aux utilisateurs de présenter sur une carte géographique de la Ville tous les bâtiments selon différents niveaux de probabilités d'incendie, au choix de l'utilisateur.

Par exemple,

[...] afficher les bâtiments ayant 5 % et plus prend une demi-seconde, et je viens de filtrer 4 800 adresses sur les 344 000 de la Ville... Plus les pastilles sont foncées sur la carte, plus les bâtiments ou territoires sont à risque... les gens aiment bien quand tout est mâché.

Du point de vue de l'utilisateur, le modèle prédictif passe d'un fichier Excel dressant une liste ordonnancée de données brutes sur les bâtiments à un outil de visualisation et de géolocalisation dynamique plus propice à la planification des interventions.

¹¹ QlikSense est le tableau de bord corporatif de la Ville de Montréal. Son déploiement s'est terminé en 2021. Depuis, l'utilisation de cet outil de gestion est rendue obligatoire pour les services municipaux qui souhaitent utiliser un tableau de bord.

Après une année complète d'utilisation du modèle de prédiction sur l'ensemble de l'agglomération de Montréal en 2021, le SIM revoit certaines règles de fonctionnement dans la planification des inspections en 2022. Par exemple, le SIM enchâsse et formalise une marge d'autonomie des agents de prévention dans le processus d'inspection des bâtiments. Les agents de prévention peuvent dorénavant choisir les bâtiments à inspecter jusqu'à concurrence de 20 %, s'ils le souhaitent. Cependant, ils doivent justifier leur choix lorsqu'ils dérogent aux indications du modèle de prédiction. Loin d'être futile, cette marge d'autonomie accordée aux agents de prévention peut constituer un complément utile au modèle de prédiction, notamment lorsque les agents tiennent compte de l'impact de l'incendie dans leurs choix d'inspection, ce que le modèle ne permet pas de faire, du moins pour le moment.

Le modèle de prédiction est utilisé non seulement par les agents de prévention, mais aussi par les pompiers lors de leurs visites de bâtiments. Mentionnons que les pompiers de chaque caserne sont appelés à faire des visites d'inspection d'avertisseurs de fumée dans un nombre donné de bâtiments résidentiels dans leur territoire de réponse. Les adresses et les rues à visiter étaient choisies selon un ordonnancement aléatoire jusqu'en 2021. Depuis 2022, les adresses à visiter pour chaque caserne sont générées par le modèle de prédiction, ce qui donne une plus grande valeur à cette tâche aux yeux des pompiers. Ainsi, le processus d'inspection s'en trouve crédibilisé, et la mobilisation des pompiers améliorée. Les pompiers ont désormais l'impression de faire une différence significative par leurs visites d'inspection, affirme un gestionnaire du SIM.

6. Les retombées du modèle de prédiction d'incendie

Les principales retombées du modèle de prédiction s'inscrivent dans une volonté d'optimiser l'organisation des services de prévention des incendies, en particulier la planification des inspections des bâtiments. Grâce à l'utilisation du modèle, le travail d'inspection des agents de prévention et, dans une certaine mesure, celui des pompiers se trouvent désormais plus alignés sur les bâtiments les plus à risque d'incendie.

L'utilisation du modèle de prédiction a aussi conduit à une réorganisation territoriale du travail d'inspection des agents de prévention selon le risque d'incendie des bâtiments. Avant le déploiement du modèle de prédiction, « *les inspections étaient gérées selon la structure du territoire* ». Il faut savoir que le territoire montréalais a été découpé en 6 grandes divisions, à la suite d'une révision de la structure opérationnelle du SIM, en 2017-2018 : « *5 de ces divisions ont 12 casernes et une en avait 6, le centre-ville* ». Or, le modèle de prédiction montre que les bâtiments à risque d'incendie et, par conséquent, les besoins d'inspection, sont inégalement répartis d'un territoire à l'autre. Ainsi, certaines divisions contiennent plus de bâtiments à haut taux de probabilités d'incendie que d'autres. Pour que le SIM soit en mesure d'inspecter annuellement l'ensemble des 7 500 bâtiments montréalais qui affichent une probabilité de 3 % et plus d'incendie et, ainsi, répondre aux exigences du modèle, le déplacement d'agents de prévention d'une division à l'autre est devenu nécessaire. Par exemple,

...dans la division Y, les besoins opérationnels, quand on utilise le modèle prédictif, sont de deux agents. Mais, dans le bureau de cette division, on retrouve six agents plus un chef... On rencontre alors les six personnes et leur chef, et on leur dit que deux vont travailler dans cette division et les quatre autres vont aider dans une autre division où j'ai plus de bâtiments à risque d'incendie... Avant le modèle, les six personnes de la division Y restaient sur leur territoire.

Ce décloisonnement territorial du travail des agents de prévention est certainement l'une des retombées les plus importantes du modèle. Enfin, certains répondants voient dans le modèle de prédiction des retombées dont la portée peut aller au-delà de la prévention.

7. Pistes d'amélioration

Depuis son déploiement, en 2019, le modèle de prédiction n'a pas évolué. Avant de faire évoluer le modèle de prédiction, « *on voulait voir s'il était stable* ». Or, sa stabilité semble être démontrée, si l'on en juge par un taux de prédiction d'incendie qui s'est maintenu autour de 42 % en 2020 et en 2021. Pour les répondants, il serait maintenant temps de faire évoluer le modèle de prédiction afin de le rendre plus utile. La prise en compte de l'impact potentiel d'un incendie semble faire consensus auprès des répondants.

Jusqu'ici, il n'y a pas d'analyse d'impact qui est faite sur les bâtiments. Deux bâtiments de même risque vont être traités également dans la liste, même si l'un des bâtiments est une école et l'autre une résidence familiale. Si les bâtiments ont le même risque, ils vont sortir au même niveau dans la liste... Pourtant, l'impact serait beaucoup plus grand sur une école ou sur un hôpital que sur une maison... L'analyse d'impacts viendrait un peu replacer dans un nouvel ordre les bâtiments, en considérant l'impact possible en termes de vies humaines, en termes de coûts économiques, de coûts environnementaux ou de coûts réputationnels.

L'historique des inspections est aussi suggéré par certains répondants comme variable pouvant être ajoutée au modèle :

Comme ajout possible pour l'évolution du modèle, s'il y avait une 2^{ème} piste à proposer, ça serait que le modèle prenne en compte dans ses prédictions le fait qu'un bâtiment a été inspecté ou pas dans un passé plus ou moins récent... Bien sûr, ça fait l'hypothèse que l'utilité d'une inspection est mesurable et observable dans nos données... Il reste encore à confirmer une telle chose.

Un répondant évoque la météo comme autre variable pouvant être intégrée au modèle, compte tenu de son impact sur l'efficacité des interventions.

L'impact opérationnel d'une tempête de neige, c'est trois jours, le temps que toutes les rues soient déneigées. Si c'est pas bien déneigé, j'ai beau avoir un bon camion, s'il y a 8 personnes devant moi, je ne peux pas les pousser.

Bien que source d'amélioration, l'ajout de variables nécessite, au préalable, un important travail d'analyse des données du modèle ainsi que certaines vérifications sur leurs disponibilités et leurs formats, affirment certains répondants. Il faut s'assurer que la variable qu'on veut ajouter améliore réellement le pouvoir de prédiction du modèle. Il faut aussi que les données associées à cette variable soient accessibles et réutilisables, ce qui ne semble pas aller de soi quant à l'historique des inspections, indique-t-on.

On ne peut pas se permettre de mettre une variable comme ça à la va vite... Il faut avoir des données du passé qui montrent qu'en utilisant la donnée d'inspection, la performance du modèle est meilleure, ce qui n'est pas du tout évident, parce que ça ne sera pas facile d'obtenir ces données historiques et ce ne sera pas sûr que ce petit gain marginal va s'exprimer dans les données.

Enfin, l'un des répondants propose d'augmenter la fréquence d'utilisation du modèle dans la planification des inspections : « *L'idéal serait qu'à chaque semaine, on roule le modèle et on sort la liste* ». Cependant, cela suppose de revoir le cycle de planification des inspections qui, pour l'instant, se fait sur une base annuelle.

8. Les enjeux informationnels et organisationnels

Les fusions municipales de 2002 ont contribué non seulement à l'harmonisation des façons de faire du SIM, mais aussi à l'intégration de certaines bases de données opérationnelles à l'ensemble du territoire montréalais.

Au début des fusions, il y a eu vingt-deux systèmes d'incendie à combiner... Des façons de faire, des services, des camions avec des couleurs différentes... pour n'avoir qu'un seul service incendie corporatif avec les mêmes boyaux partout, les mêmes façons de faire, etc. La fusion a aussi permis l'accumulation des données depuis l'an 2002 dans un gros cube d'informations.

Pour plusieurs répondants, cette intégration et cette accumulation des données sur les opérations du SIM ont rendu possible, du moins sur le plan technique, le développement et l'entraînement du modèle de prédiction, d'abord par le CRIM, puis par le SIM. Un répondant va jusqu'à situer la fusion municipale de 2002 au jour un de la genèse du modèle de prédiction. Malgré un contexte favorable à l'intégration des systèmes d'information, le SIM semble aux prises avec certains enjeux d'accessibilité et de normalisation des données, particulièrement quand il s'agit d'ajouter de nouvelles variables au modèle, dont l'historique des inspections.

Probablement le plus gros du travail, ce serait celui de collecter les données de cette variable qui résident dans d'autres systèmes, puis de faire se croiser les données pour constituer un jeu de données sur lequel on peut ensuite estimer la valeur de telle ou telle variable... C'est ça, bien souvent l'enjeu... Il y aurait plus à gagner, dans un premier temps, à inclure une analyse d'impacts que d'inclure la variable inspection du bâtiment pour la performance du modèle.

Certaines données du modèle actuel posent également des défis de normalisation et de synchronisation, notamment quand il s'agit de croiser certaines bases de données. C'est le cas des adresses physiques des bâtiments.

Les données d'adresses physiques des bâtiments du service d'incendie, c'est dans une base de données, les données des bâtiments de la Ville de Montréal, c'est dans une autre bd... Il y a parfois un manque de normalisation qui fait que c'est difficile de croiser les données entre elles... Non seulement les adresses entrées ne sont pas toujours normalisées, mais les bases de données ne sont pas synchronisées. Ça fait qu'on en échappe.

Comme nous l'avons vu, l'utilisation du modèle de prédiction a eu un impact sur le processus de planification des bâtiments à inspecter et, par conséquent, sur le travail des agents de prévention. Alors que certains agents voient dans le modèle de prédiction une façon de renouveler avantageusement leurs pratiques à partir d'un outil de visualisation et de géolocalisation, d'autres y ont vu, au début, une menace à leur autonomie. En effet, le modèle de prédiction semble avoir rencontré une résistance auprès de certains agents, en particulier quand il était question de décroisonner territorialement leur travail d'inspection.

Par ailleurs, le SIM est autonome quand il s'agit de « *faire rouler le modèle* ». Cette autonomie s'explique par le fait qu'on a automatisé la gestion des données du modèle de prédiction, de la collecte à la visualisation, en passant par le traitement des données. « *On a automatisé les traitements pour que tout ça roule en continu... Tout ça se fait automatiquement sans que personne n'intervienne. Le tableau de bord se met à jour tout seul* ». Bien que le SIM se serve du modèle une fois par année dans sa planification des inspections, le système dresse automatiquement une liste des probabilités d'incendie à tous les mois.

Alors que le SIM se montre autonome dans l'utilisation du modèle de prédiction, il ne dispose pas à l'interne de l'expertise nécessaire pour le faire évoluer. « *C'est la difficulté que rencontrent la majorité des services de la Ville qui utilisent des modèles développés par des gens dans un autre service qui ont une connaissance et qu'eux-mêmes n'ont pas* ».

Le SIM a dû d'ailleurs faire appel à un scientifique de données rattaché au Service des technologies de l'information de la Ville de Montréal pour parfaire le développement du modèle initié par le CRIM. Or, cette expertise est rare, même à l'échelle de l'agglomération de Montréal ; elle est donc très sollicitée par d'autres services de la Ville.

En ce moment, je suis à peu près tout seul à pouvoir faire ce que je fais là, à la Ville, ce qui est clairement insuffisant... On a perdu beaucoup de monde, notamment en raison de l'attrait du privé... Si je m'en vais de la Ville demain, c'est plus compliqué pour le SIM de faire évoluer le modèle.

En revanche, le fait que le modèle de prédiction soit simple facilite le transfert des connaissances vers un autre expert du domaine, ajoute le scientifique de données : « *Je lui passe le modèle, c'est très simple à expliquer, à transmettre... L'enjeu est toujours là, mais il est diminué par la simplicité du modèle* ».

Enfin, la diffusion du modèle de prédiction et de son outil de visualisation géolocalisé auprès de la population en général, bien que séduisante au point de vue de la transparence municipale, peut soulever des enjeux dont les conséquences pourraient être supérieures aux bénéfices escomptés. Par exemple, « *on pourrait assister à une dégentrification de certains secteurs... Si le secteur est à risque, on n'ira pas acheter là. Puis, ça peut jouer sur les prix et la valeur foncière* ». C'est pourquoi le SIM souhaite, pour l'instant, garder à l'interne l'usage de l'outil.

Conclusion

Cette étude démontre que les données sur les opérations d'un service public, en particulier celles du SIM, peuvent être modélisées afin de gérer de façon plus éclairée et optimale l'utilisation des ressources humaines dans ce service. Ainsi, la valorisation des données sur les interventions en matière d'incendie (par exemple, les incidents) a pu contribuer à une meilleure réflexivité organisationnelle du SIM quant à la gestion des inspections des bâtiments en fonction des risques d'incendie¹². Les données ont donc constitué un intrant essentiel pour développer et entraîner le modèle de prédiction ainsi que pour l'opérationnaliser et en évaluer le rendement.

Quant au rendement du modèle lui-même, c'est-à-dire à sa capacité de prédire une probabilité d'incendie lors des douze prochains mois, il semble particulièrement efficace. Un taux de rappel de 42 % pour les 7 500 bâtiments retenus par le modèle témoigne de cette efficacité. En plus d'aligner le travail des agents de prévention sur les bâtiments les plus à risque d'incendie, le modèle de prédiction a contribué à déterritorialiser le travail des agents afin d'assurer une meilleure répartition des ressources sur le territoire de la Ville de Montréal en fonction des risques d'incendie. Il s'agit de l'une des principales retombées du modèle.

Le rendement d'un modèle de prédiction est tributaire non seulement de l'accès aux données et de leur traitement, mais aussi de la qualité des données recueillies et de leur format. Or, la multiplication et le cloisonnement des systèmes d'information à la Ville de

¹² Voir aussi Boudreau, C. (2009). "Organizational Reflexivity and Flexibility in E-Government : The Case of Québec, Canada", in Remenyi, Dan (éd.). *The 9th European Conference on e-Government*. Reading (Royaume-Uni), Academic Publishing, 2009, p. 168-173.

Montréal, comme dans beaucoup d'autres administrations publiques¹³, rendent l'accès aux données et leur traitement souvent difficiles, voire périlleux, notamment quand il s'agit d'ajouter et d'ajuster de nouvelles variables au modèle.

L'étude montre aussi que le modèle de prédiction du SIM exige toujours le recours à des humains, que ce soit pour développer et entraîner le modèle (par exemple, le choix des variables du modèle par le scientifique de données) ou pour l'interpréter (par exemple, le choix des bâtiments par les agents de prévention selon l'impact de l'incendie). À cet égard, le SIM a jugé utile de préserver une certaine marge d'autonomie de la part des agents de prévention dans le choix des bâtiments à inspecter. Cette marge d'autonomie est considérée comme une façon de pallier aux limites du modèle quant à sa capacité prédictive. C'est aussi une façon d'adapter l'organisation du travail des agents de prévention afin qu'ils répondent aux demandes ponctuelles et imprévisibles qui leur sont quotidiennement soumises. Enfin, par la reconnaissance d'une marge d'autonomie, le SIM tend à favoriser l'adhésion des agents de prévention au modèle de prédiction. Reste à voir combien de temps cette marge demeurera avec le perfectionnement du modèle.

Comme il fallait s'y attendre, le recours à un modèle de prédiction qui déterritorialise le travail d'inspection n'a pas suscité l'adhésion instantanée de l'ensemble des agents de prévention, particulièrement celle des agents possédant plusieurs années d'expérience. Diverses stratégies ont alors été utilisées pour favoriser l'adhésion au modèle, dont une première année d'expérimentation volontaire, la démonstration de l'utilité du modèle auprès des chefs de section, statistiques à l'appui, le recours à des outils de visualisation

¹³ Voir Boudreau C. et L. Bernier (2017). « La mise en œuvre de la prestation intégrée des services électroniques au Québec : conditions de collaboration et leçons », *Revue internationale des sciences administratives*. 83, 3 p. 617-635.

faciles d'utilisation et la possibilité pour les agents de conserver leur bureau, indépendamment de leurs lieux d'inspection. D'autres mesures d'adhésion et d'intéressement seront sûrement à prévoir au fur et à mesure que le modèle de prédiction se perfectionnera et encadrera davantage les pratiques des agents de prévention.