

# Programmation scientifique

Chaire en transformation du transport



Chaire en  
Transformation du  
Transport

Université   
de Montréal

 POLYTECHNIQUE  
MONTREAL

## **Titulaire et co-titulaires de la Chaire**

### **Bernard Gendron**

professeur titulaire, Faculté des arts et des sciences,  
Département d'informatique et de recherche opérationnelle,  
Université de Montréal, **titulaire**

### **Emma Frejinger**

professeure agrégée, Faculté des arts et des sciences,  
Département d'informatique et de recherche opérationnelle,  
Université de Montréal, **co-titulaire**

### **Catherine Morency**

professeure titulaire,  
Département des génies civil, géologique et des mines,  
Polytechnique Montréal, **co-titulaire**

### **Normand Mousseau**

professeur titulaire, Faculté des arts et des sciences,  
Département de physique,  
Université de Montréal, **co-titulaire**

### **Martin Trépanier**

professeur titulaire,  
Département de mathématiques et génie industriel,  
Polytechnique Montréal, **co-titulaire**

# Sommaire

<b>Problématique</b>	<b>4</b>
<b>Mission</b>	<b>4</b>
<b>Programmation scientifique</b>	<b>6</b>
<b>1. Projets en transport de personnes</b>	<b>6</b>
<b>2. Projets en transport de marchandises</b>	<b>6</b>
<b>3. Projets intégrateurs</b>	<b>7</b>
<b>4. Liste des projets</b>	<b>7</b>
Projets 1.1 : Optimisation du transport de personnes	7
Projets 1.2 : Analyse des scénarios de transformation du transport de personnes	8
Projets 2.1 : Simulation et optimisation du transport de marchandises	9
Projets 2.2 : Analyse de scénarios de logistique urbaine	10
Projets 3.1 : Outils et modèles de transformation du transport (personnes et marchandises)	10
Projets 3.2 : Optimisation des systèmes d'activités	11
Projets 3.3 : Analyse des scénarios prospectifs de transformation du transport et des activités	11
<b>Résultats attendus</b>	<b>14</b>
<b>Budget</b>	<b>16</b>
<b>Annexes</b>	<b>17</b>

# Problématique

Le secteur du transport est responsable de 43 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) au Québec dont 80 % sont issues du transport routier (68 % pour les véhicules légers et 32 % pour les véhicules lourds). Entre 1990 et 2017, les émissions liées au transport routier ont augmenté de 90% et représentaient en 2017 43% de l'ensemble des émissions du Québec. Des actions fortes dans ce secteur s'imposent donc pour assurer l'atteinte des objectifs de réduction des émissions de GES du Québec.

Si l'électrification des véhicules représente une voie incontournable pour atteindre la neutralité carbone, le rythme de la transition technologique pourrait être insuffisant pour réduire significativement les émissions de GES à l'horizon 2030. Dans ce contexte, l'électrification du transport seule ne suffira vraisemblablement pas à atteindre les objectifs de réduction des GES fixés par le gouvernement, d'autant plus que le parc de véhicules ne cesse de croître, augmentant ses émissions de GES tout en sollicitant de plus en plus les infrastructures de transport (plusieurs d'entre elles étant vieillissantes et en déficit d'entretien). De plus, l'électrification du transport privé ne permettrait pas non plus de contribuer à l'atteinte des différentes cibles de la Politique de Mobilité durable du Québec, pas plus que la réduction de 20% de la part des déplacements faits en auto-solo ou la réduction des dépenses des ménages en transport.

## Mission

La **Chaire en transformation du transport** propose de développer et de promouvoir des méthodes, des outils et des stratégies de réduction des émissions de GES par une meilleure gestion de l'offre et de la demande en transport, tout en optimisant les dépenses publiques et privées et l'utilisation des réseaux et infrastructures de transport. La contribution pratique de la Chaire se situe particulièrement au niveau des systèmes urbains (transport, logistique et aménagement du territoire) plutôt que des technologies véhiculaires, celles-ci étant d'intérêt pour la Chaire dans la mesure où elles ont un impact significatif sur les systèmes. Pour ce faire, la Chaire utilisera les plus récentes avancées en matière de simulation et d'optimisation des systèmes, ainsi que de collecte et de traitement des données. La Chaire permettra ainsi d'identifier de nouveaux créneaux de planification et de gestion des systèmes de transport, des villes et des systèmes d'activités génératrices de mouvements de transport pour réduire les émissions de GES, favorisant par le fait même l'émergence au Québec des technologies numériques appliquées au domaine du transport. Les solutions et les connaissances générées par la Chaire devraient être directement applicables au Québec, mais pourront aussi être adaptées à d'autres contextes géographiques.

Alors qu'une bonne partie de la planète concentre ses efforts sur la production d'énergie propre et le développement de dispositifs visant à remplacer l'utilisation d'une source d'énergie par une autre, le Québec est déjà rendu à l'étape suivante de la transition énergétique : la révision des systèmes d'activités, de l'organisation des villes et des systèmes de transport. La Chaire en transformation du transport offre au Québec l'occasion de prendre la tête dans ce domaine en travaillant à la transformation de l'offre et de la demande en transport par des approches novatrices, appuyées par les technologies de l'information et de la communication et la science des données, qui s'inscrivent parfaitement dans la stratégie numérique et d'intelligence artificielle mise de l'avant par le ministère de l'Économie et de l'Innovation.

# Programmation scientifique

La recherche scientifique de la Chaire visera à mieux comprendre l'offre et la demande en transport afin de fournir une meilleure réponse aux besoins en transport, voire à en changer la structure spatio-temporelle. Pour ce faire, la Chaire :



1. Améliorera et développera des modèles de simulation et d'optimisation des systèmes de transport.



2. Identifiera des scénarios de transformation du transport, des villes et des systèmes d'activités offrant les plus grandes réductions d'émissions de GES, ainsi que des bénéfices économiques, sociaux et environnementaux (réduction de la dépendance à l'automobile, équité sociale, occupation des sols, qualité de l'air, santé publique, etc.).



3. Fournira des solutions concrètes aux milieux preneurs afin d'opérationnaliser les scénarios de transformation du transport, des villes et des systèmes d'activités, en fournissant des recommandations permettant la réalisation de ces scénarios.

On distingue traditionnellement deux segments dans le secteur du transport : le transport de personnes et le transport de marchandises. Ces segments diffèrent par la nature de leur demande et des moyens techniques mis en oeuvre pour y répondre, mais partagent le même réseau. Compte tenu de cette tension entre spécificités et effets croisés, les travaux considéreront séparément les enjeux propres à chaque segment tout en intégrant, directement ou indirectement, les éléments d'interactions. La Chaire ciblera en particulier le transport des régions métropolitaines québécoises (Montréal, Québec, Sherbrooke, Saguenay, Trois-Rivières et Gatineau), car ceux-ci présentent des défis particuliers, tant par la nature des réseaux que par l'ampleur des émissions de GES. La Chaire s'intéressera aux différentes échelles géographiques des centres urbains (centre-ville, quartiers périphériques, banlieues proches et éloignées) afin de prendre en compte leur spécificités. Enfin, parce que la Chaire souhaite développer des solutions concrètes adaptées aux milieux preneurs, elle travaillera aussi à l'intégration de sa recherche auprès des usagers du transport, des entreprises et des décideurs publics pour les aider à prendre de meilleures décisions concernant l'utilisation et le développement des services, des infrastructures, et des équipements de transport, tout en considérant l'aménagement du territoire. Pour mener à bien sa mission, la Chaire axera sa recherche autour de trois types de projets :

1. **Projets en transport de personnes;**
2. **Projets en transport de marchandises;**
3. **Projets intégrateurs.**

Bien que le transport de personnes et le transport de marchandises soient étudiés séparément, une attention particulière sera portée aux effets de l'un sur l'autre et à leurs interactions. Les projets intégrateurs viseront tout autant l'analyse de ces interactions que le développement de méthodes innovatrices permettant une meilleure gestion de l'offre et de la demande en transport, pour les personnes et pour les marchandises.

## 1. Projets en transport de personnes

Le transport de personnes se caractérise par une grande variabilité de la demande, des modes de transport et des moyens technologiques disponibles pour y répondre. Le développement des technologies numériques permet désormais de collecter un grand nombre de données relatives au transport de personnes (trajets, modes de transport, préférences, habitudes, etc.) lesquelles peuvent être utilisées pour mieux caractériser la demande en transport de personnes et modéliser les comportements humains. Les objectifs de recherche de la Chaire en matière de transport de personnes sont :

- 1.1. **Développer des modèles d'optimisation du transport de personnes** en intégrant les besoins des usagers, l'ensemble des services et options de transport, la dynamique du réseau de transport et les caractéristiques de chaque alternative de transport (vitesse, prix, émissions de GES, etc.).
- 1.2. **Développer des scénarios de transformation du transport de personnes et des outils d'analyse de leurs impacts socio-économiques et environnementaux** incluant divers éléments comme les technologies numériques, le transport en commun, les incitatifs à l'achat de véhicules électriques, le transport actif, les nouvelles infrastructures et aménagements urbains (distance maison-travail/école, stationnement incitatif, etc.).

## 2. Projets en transport de marchandises

Le second axe de recherche vise à mieux comprendre les besoins associés au transport de marchandises en vue de proposer une offre de transport plus efficace, moins chère et moins polluante. La démarche est semblable à celle du thème 1 mais adaptée au transport de marchandises, car la demande, les modes de transport et l'amélioration des pratiques sont différents. Les objectifs de cet axe de recherche sont :

- 2.1. **Développer des modèles de simulation et d'optimisation du transport de marchandises** en milieu urbain (tous les modes), considérant à la fois les enjeux socio-économiques et environnementaux.
- 2.2. **Développer des scénarios de logistique urbaine et des outils d'analyse des impacts socio-économiques et environnementaux** pour tester et identifier les meilleures pratiques de transport de marchandises : livraisons de soir et de nuit, localisation des centres de distribution et des satellites, livraison par modes actifs (par exemple, vélos, réseau piétonnier), impact du commerce électronique, impact des différents modes de propulsion des véhicules, etc.



### 3. Projets intégrateurs

Le troisième axe de recherche de la Chaire vise à intégrer les travaux des autres axes dans des solutions innovatrices et globales pour le secteur du transport. Cet axe s'articule autour de projets intégrateurs contribuant à la transformation globale du secteur du transport, ainsi qu'à la planification du développement des infrastructures, des systèmes d'activités, de l'aménagement du territoire, de l'implantation des technologies et de la mise en oeuvre d'incitatifs pour un transport plus durable. Les objectifs du troisième axe de recherche sont :

- 3.1. Développer des outils et des modèles de transformation du transport (personnes et marchandises).** Ces outils et modèles visent à intégrer de façon globale les caractéristiques du transport de personnes et de marchandises, de même qu'à apporter des solutions innovantes permettant une meilleure gestion de l'offre et de la demande pour rendre les systèmes de transport plus efficaces, notamment en termes de coûts et d'émissions.
- 3.2. Développer des modèles d'optimisation des systèmes d'activités** permettant d'améliorer le transport en considérant des horaires de travail variables, une place importante pour le télétravail, une urbanisation rapprochant les activités du domicile, etc.
- 3.3. Développer des scénarios prospectifs de transformation du transport et des activités** (personnes et marchandises) basés sur le réseau de transport existant et intégrant des changements comme l'adoption de mesures fiscales, l'évolution des comportements, des technologies et des infrastructures. Ces projets serviront à aider les décideurs d'entreprises et du gouvernement concernant la gestion du secteur du transport.

### 4. Liste des projets

Les objectifs de la programmation scientifique se réaliseront à travers les projets énumérés ci-dessous. Il est à noter que cette liste a été préparée au démarrage de la Chaire et connaîtra certainement des changements en fonction de l'évolution de la recherche. Les projets impliqueront, le cas échéant, le développement d'outils de collecte et d'analyse de données, ainsi que l'opérationnalisation des scénarios de transformation du transport. Dans la mesure du possible, la contribution de chaque projet à l'amélioration du transport sera évaluée à l'aide de plusieurs indicateurs environnementaux et socio-économiques (voir Figure 1).

#### **Projets 1.1 : Optimisation du transport de personnes**

##### **Projet 1.1.1 : Modèle de prévision de la mobilité multimodale (en cours)**

**Élodie Deschaintres**, candidate au doctorat, Polytechnique Montréal (depuis septembre 2018), codirigée par Catherine Morency et Martin Trépanier.

Ce projet consiste à développer des outils d'analyse des différents flux passifs de données en vue d'évaluer la contribution de chaque mode à la mobilité quotidienne et concevoir des scénarios optimaux de mobilité (combinaison de plusieurs modes : transport en commun, vélopartage, taxis, autopartage, etc.), permettant de réduire les émissions de GES des déplacements urbains. Le projet est réalisé en collaboration avec la **STM**, **Bixi**, le **Bureau de taxi de Montréal**, et **Communauto**.

##### **Projet 1.1.2 : Prévision de la demande en transport (en cours)**

**Andrew Kristensen**, étudiant à la maîtrise, Université de Montréal (depuis janvier 2019), dirigé par Emma Frejinger.

Dans ce projet, des modèles d'apprentissage par renforcement et des modèles de choix discret dynamique sont comparés pour prédire les flux de personnes dans les réseaux. L'objectif du projet est de déterminer l'approche qui permettra de réaliser les meilleures prédictions en un minimum de temps de calcul.

### Projet 1.1.3 : Mobilité intégrée et dépendances à l'automobile (en cours)

**Jérôme Laviolette**, candidat au doctorat, Polytechnique Montréal (depuis septembre 2018), codirigé par Catherine Morency et Owen Waygood.

L'objectif du projet est de comprendre les différentes dépendances à l'automobile dans la région métropolitaine de Montréal et d'évaluer la contribution des offres de mobilité à leur réduction; ceci exige le développement d'algorithmes d'optimisation des déplacements intégrant tous les services disponibles (par exemple, transport en commun et modes partagés), les options personnelles (par exemple, marche, vélo, voiture personnelle) et permettant de comparer les différentes alternatives de trajet à l'aide d'indicateurs d'impacts sociaux, économiques et environnementaux (qualité/confort, temps de parcours, prix, émissions de GES, etc.).

### Projet 1.1.4 : Mobilité comme service (en cours)

**Renaud Girard**, stagiaire B.Sc., Université de Montréal (de mai à août 2019) et **Florian Pedroli**, professionnel de recherche à l'Institut de l'énergie Trottier, dirigés par Normand Mousseau.

L'objectif de ce projet est de documenter les services de mobilité au Québec. Renaud Girard a effectué une revue de la littérature sur les expériences de services de mobilité en région et Florian Pedroli a préparé un rapport analysant les services de mobilité disponibles au Québec. D'autres ressources seront recrutées pour poursuivre ce projet.

### Projet 1.1.5 : Comportement des usagers du transport en commun (complété)

**Élodie Deschaintres**, M.Sc., Polytechnique Montréal (mémoire déposé en août 2018), codirigé par Catherine Morency et Martin Trépanier.

Ce projet de recherche, réalisé en partenariat avec la **STM**, a permis de mieux connaître les comportements des usagers de la STM et de déterminer entre autres leur variabilité dans le temps et leur fidélité aux différents titres de transport.

### Projet 1.1.6 : Modélisation des choix des utilisateurs et de l'équilibre du trafic d'un réseau multimodal (complété)

**Maëlle Zimmermann**, Ph.D., Université de Montréal (thèse déposée en juin 2019), codirigée par Emma Frejinger et Patrice Marcotte.

Ce projet, en partie réalisé en collaboration avec **INRO**, a permis le développement d'un modèle permettant d'analyser et de prédire les choix des itinéraires des utilisateurs d'un réseau de transport multimodal ainsi que le trafic du réseau.

### Projet 1.1.7 : Développement des cycles de conduite (en cours)

**Frédérique Roy** (stagiaire B.Sc. de mai à août 2019), Polytechnique Montréal, dirigée par Catherine Morency.

L'objectif de ce projet est de mieux modéliser les cycles de conduite (comportement des conducteurs au volant) afin de mieux modéliser les émissions des véhicules. **Asad Yarahmadi**, étudiant au doctorat (depuis septembre 2019), dirigé par Catherine Morency contribuera aussi au projet.

## Projets 1.2 : Analyse des scénarios de transformation du transport de personnes

### Projet 1.2.1 : Outils de diagnostic des réseaux de transport en commun (complété)

**Yann Judy**, M.Sc., Polytechnique Montréal (mémoire déposé en août 2019), dirigé par Catherine Morency.

Ce projet, réalisé en partenariat avec **Transports Québec**, a permis de développer des outils d'évaluation de la performance globale des réseaux de transport en incluant différents volets dont les émissions de GES, la caractérisation de l'offre, le développement d'indicateurs spatiaux, la production de corridors de déplacement, et l'étude de la demande latente. Deux études de cas ont été réalisées concernant les déplacements en vélo (sur l'île de Montréal) et en bus de la STM vers la station de métro Honoré Beaugrand.

### **Projet 1.2.2 : Modules pour l'optimisation et l'évaluation des scénarios de transport en commun (en cours)**

**Pierre-Léo Bourbonnais** (Ph.D.) et **Jean-Simon Bourdeau** (M.Sc.), professionnels de recherche, Polytechnique Montréal, codirigés par Catherine Morency et Martin Trépanier.

Ce projet vise à développer des outils de simulation et d'évaluation des scénarios d'offre de transport de personnes multimodal (métro, train, autobus, tramway, funiculaire, téléphérique, voitures partagées, voitures taxis, etc.) afin de déterminer leurs émissions de GES et leurs coûts et bénéfices pour la société. Les deux professionnels de recherche sont également indirectement impliqués dans plusieurs autres projets de la Chaire. Ce projet est réalisé en collaboration avec l'ARTM, Exo, la STM, Transports Québec, la Ville de Montréal, la RTL, et la STO.

### **Projet 1.2.3 : Impact du transport en commun sur la réduction des émissions de GES (à venir)**

M.Sc. à recruter, codirigé par Catherine Morency et Martin Trépanier.

Ce projet examine le potentiel de réduction des émissions de GES par le remplacement de certains modes de transport par le transport en commun.

### **Projet 1.2.4 : Impact de la transformation du parc de véhicules sur la réduction des émissions de GES (à venir)**

M.Sc. à recruter, codirigé par Catherine Morency et Martin Trépanier.

Il s'agit de réaliser des simulations sur les déplacements des usagers automobiles, en fonction de leur lieu de domicile et du type de véhicules qu'ils conduisent. Des scénarios de transition seront analysés, comme par exemple la diminution de la taille des voitures, pour identifier les secteurs pour lesquels l'impact est le plus significatif. Un modèle de consommation d'essence et d'émission de CO<sub>2</sub> sera utilisé pour évaluer l'impact.

### **Projet 1.2.5 : Impact des infrastructures et de l'aménagement urbain sur la réduction des émissions de GES**

(par exemple, distance maison-travail, stationnement incitatif) (à venir)

M.Sc. à recruter, codirigé par Catherine Morency et Martin Trépanier.

Ce projet est similaire au projet 1.2.4, mais en établissant des scénarios de modification des comportements de transport et du développement urbain pour évaluer leurs impacts sur les émissions (en supposant une flotte constante) : utilisation accrue des stationnements incitatifs, développements résidentiels, etc.

### **Projet 1.2.6 : Développement d'une méthode de calcul des émissions pour les modes de transport de personnes (en démarrage)**

**Asad Yarahmadi**, étudiant au doctorat (depuis septembre 2019), dirigé par Catherine Morency.

Ce projet vise à calculer les émissions de GES des différents modes de transport de personnes en vue de faciliter leur comparaison lors des choix des individus.

## **Projets 2.1 : Simulation et optimisation du transport de marchandises**

### **Projet 2.1.1 : Modèle synthétique de déplacement des camions dans le Grand Montréal (en cours)**

**François Sarrazin**, Ph.D., stagiaire postdoctoral, Université de Montréal (depuis juillet 2019), codirigé par Bernard Gendron et Martin Trépanier.

L'objectif de ce projet est de développer un modèle de transport de marchandises par camion intégrant l'ensemble des livraisons d'un territoire afin de proposer des solutions plus efficaces. Compte tenu de l'ampleur du projet, il est prévu qu'un autre stagiaire postdoctoral succédera à François Sarrazin.

### **Projet 2.1.2 : Modèles de logistique urbaine pour la livraison de courrier rapide (en cours)**

**Ammar Metnani**, Ph.D., professionnel de recherche, Université de Montréal (depuis janvier 2018), dirigé par Bernard Gendron.

Ce projet, réalisé en collaboration avec **Purolator**, vise à analyser par des modèles mathématiques et des algorithmes de calcul de tournées de véhicules, les meilleures stratégies pour la livraison de courrier rapide en milieu urbain, combinant à la fois l'efficacité économique et la réduction des émissions de GES.

### **Projet 2.1.3 : Analyse des enjeux de recherche opérationnelle de la livraison de colis dans des casiers partagés (en cours)**

**Sonja Rohmer**, Ph.D., stagiaire postdoctorale, (maintenant professeure à Eindhoven University of Technology, Pays-Bas), sous la direction de Bernard Gendron (de septembre 2019 à avril 2020).

L'introduction de casiers dans les réseaux de distribution facilite grandement la livraison des colis. Leur localisation et leur nombre sont, entre autres paramètres, devenus de nouvelles variables d'optimisation. L'objectif de ce projet est de présenter les enjeux de la livraison de colis aux casiers et les manières dont ils sont relevés en recherche opérationnelle. Il est prévu de poursuivre ce projet avec un étudiant ou un professionnel de recherche.

## **Projets 2.2 : Analyse de scénarios de logistique urbaine**

### **Projet 2.2.1 : Évaluation de scénarios de logistique urbaine pour la livraison de marchandises (terminé)**

**Suzanne Pirie**, étudiante à la maîtrise, Polytechnique Montréal (mémoire déposé en avril 2020), codirigée par Martin Trépanier et Bernard Gendron.

Ces travaux, réalisés en collaboration avec la **Société des Alcools du Québec**, permettent de déterminer quelles sont les meilleures combinaisons de véhicules, contraintes et conditions de livraisons visant la diminution des coûts et des GES pour la livraison urbaine.

### **Projet 2.2.x : Estimation des émissions de GES de scénarios de logistique urbaine (en démarrage)**

**Suzanne Pirie**, étudiante au doctorat, Polytechnique Montréal (depuis mai 2020), codirigée par Martin Trépanier et Bernard Gendron et avec le support d'un étudiant de maîtrise pour le projet 2.2.4.

Cette série de projets vise à explorer les potentiels de réduction d'émissions de GES de différents critères influençant l'utilisation des réseaux pour le transport de marchandises en milieu urbain :

- Projet 2.2.2 Livraison de soir et de nuit
- Projet 2.2.3 Localisation des centres de distribution et des satellites
- Projet 2.2.4 Livraison par modes actifs (ex. vélos, réseau piétonnier)
- Projet 2.2.5 Impact du commerce électronique
- Projet 2.2.6 Impact des différents modes de propulsion

### **Projet 2.2.4 : Évaluation de scénarios de logistique urbaine - Livraison par modes actifs**

(par exemple, vélos, réseau piétonnier) **(en cours)**

**Heindrick Dominique Michel**, étudiant à la maîtrise, Polytechnique Montréal, dirigé par Martin Trépanier (depuis janvier 2020).

L'objectif de ce projet, réalisé en collaboration avec **Jalon Montréal**, est d'évaluer le projet pilote Colibri de livraison urbaine par vélo-cargo en fonction de divers critères socio-économiques et environnementaux.

## **Projets 3.1 : Outils et modèles de transformation du transport (personnes et marchandises)**

### **Projet 3.1.1 : Modèles d'optimisation bi-niveaux pour la planification de réseaux de transport tenant compte des préférences des usagers (en cours)**

**Léonard Ryo Morin**, étudiant au doctorat, Université de Montréal (depuis janvier 2018), et un second candidat au doctorat (à recruter), codirigés par Emma Frejinger et Bernard Gendron.

Ce projet consiste à développer des modèles d'optimisation permettant à un gestionnaire de réseau de transport de considérer dans son processus de planification les préférences d'usagers hétérogènes. De tels modèles permettent d'améliorer l'adéquation entre l'offre et la demande, tout en considérant différents critères de performance, dont la réduction des émissions de GES. Compte tenu de l'ampleur du projet, il est prévu qu'un second étudiant au doctorat succède à Léonard Ryo Morin.

### **Projet 3.1.2 : Évaluation des stratégies de gestion de stationnement (à venir)**

**Étudiant au doctorat à recruter (Université de Montréal), dirigé par Bernard Gendron et Martin Trépanier.**

L'objectif de ce projet est de modéliser l'influence de différentes stratégies de gestion des stationnements sur les comportements humains, l'utilisation des espaces de stationnement et le transport de personnes et de marchandises.

### **Projet 3.1.3 : Analyse des initiatives de transport de marchandises utilisant les infrastructures du transport collectif (en cours)**

**Suzanne Pirie**, étudiante au doctorat, Polytechnique Montréal (depuis mai 2020), codirigée par **Martin Trépanier** et **Bernard Gendron**, avec la contribution de **Thomas Dandres** (professionnel de recherche).

L'objectif de ce projet, réalisé en collaboration avec **CargoM**, est de faire la synthèse des initiatives de transport de marchandises utilisant les infrastructures du transport collectif et d'évaluer dans quelle mesure de telles initiatives pourraient être mise en place à Montréal dans les prochaines années en considérant le développement du réseau de transport collectif.

## **Projets 3.2 : Optimisation des systèmes d'activités**

### **Projet 3.2.1 : Évaluation du lieu d'habitation sur la demande en transport (en cours)**

**Hubert Verreault**, professionnel de recherche, Polytechnique Montréal (depuis janvier 2019), dirigé par **Catherine Morency**.

L'objectif de ce projet est d'évaluer le potentiel de réduction de la demande en transport associé à une relocalisation des logements en fonction des activités des ménages.

## **Projets 3.3 : Analyse des scénarios prospectifs de transformation du transport et des activités**

### **Projet 3.3.1 : Scénarios futurs d'évolution du parc de véhicules (à venir)**

**Alexis Viillard**, professionnel de recherche, Polytechnique Montréal, (à recruter) sera codirigé par **Normand Mousseau**, **Martin Trépanier** et **Emma Frejinger**.

Ce projet développe des scénarios d'évolution du parc de véhicules en réponse à différents critères : coûts d'achat et d'opération des véhicules, émissions de GES et de polluants, offre et demande en transport, etc. En appuie à ce projet, **Méridith Lacombe**, stagiaire B.Sc., Polytechnique Montréal (de mai à août 2020), dirigé par **Catherine Morency**, évaluera des scénarios de bonification de l'offre de services de proximité et les réductions d'émissions de GES escomptées.

### **Projet 3.3.2 : Analyse prospective du cycle de vie de scénarios de parc de véhicules (pour le transport de personnes et des marchandises) (en cours)**

**Thomas Dandres**, professionnel de la recherche, Polytechnique Montréal (depuis novembre 2019), dirigé par **Bernard Gendron**.

Le projet vise à dresser le portrait actuel et l'évolution future du parc de véhicules en fonction de la taxation, des évolutions technologiques et des changements de comportements. Les scénarios seront comparés suivant une grille d'indicateurs socio-économiques et environnementaux dont les scores seront évalués avec l'approche "cycle de vie" de façon à intégrer les externalités de chaque mode de transport (par exemple, fabrication des voitures électriques, recharge des batteries, etc.).

### **Projet 3.3.3 : Analyse de nouvelles technologies pour le camionnage interurbain (en cours)**

**Renaud Girard**, stagiaire B.Sc., Université de Montréal (de mai à août 2020), dirigé par **Normand Mousseau**.

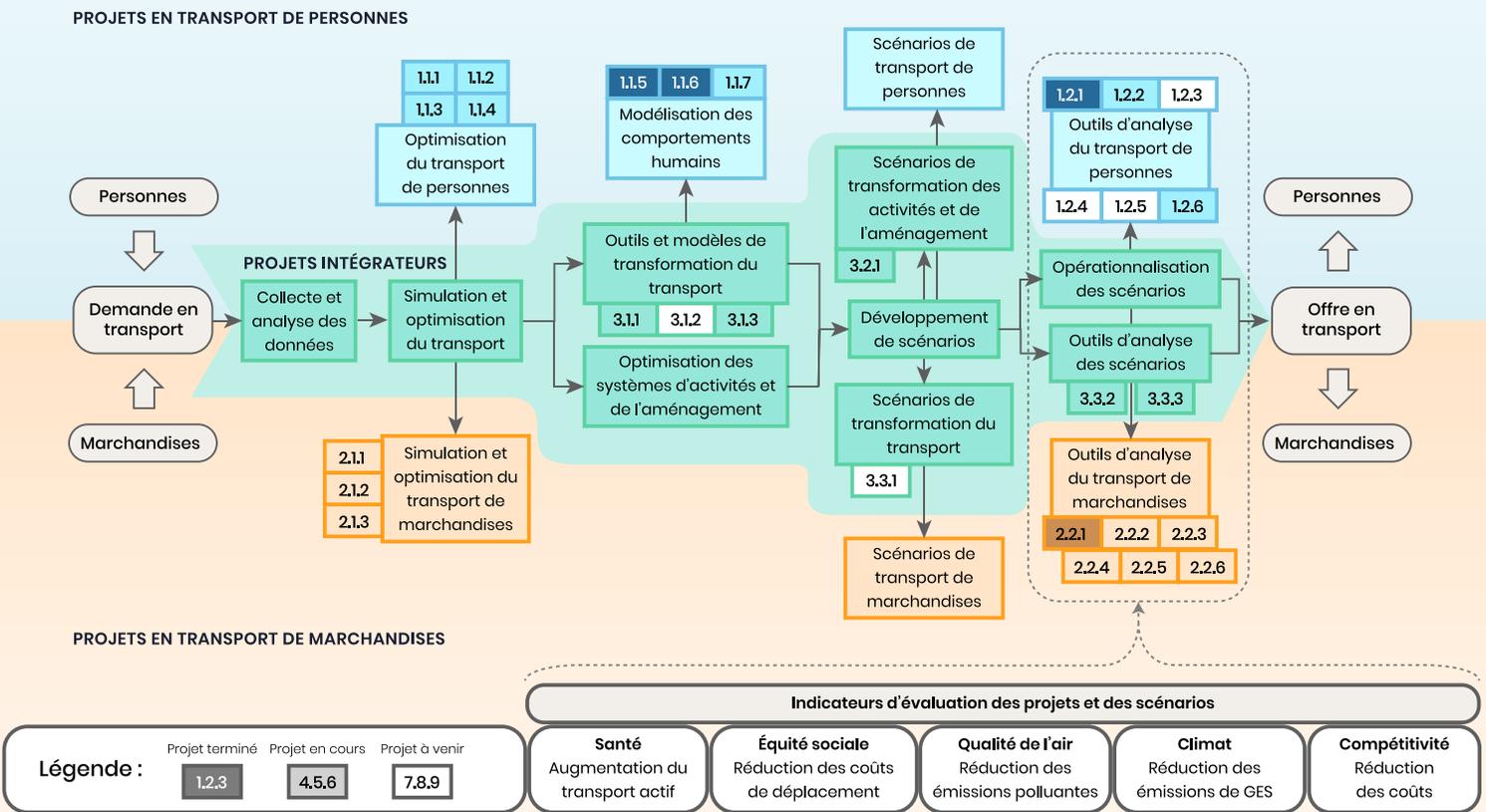
Évalue l'électrification et les moteurs à hydrogène pour le camionnage interurbain au Canada en considérant les aspects techniques, économiques et environnementaux. L'objectif du projet est de comparer ces deux technologies en vue de recommander la meilleure en fonction du contexte régional. **Florian Pedroli** (IET) et **Thomas Dandres** apportent leur soutien à ce projet.



Le tableau suivant présente une synthèse des différents projets et des personnes qui y sont associées. La Figure 1 illustre l'organisation des projets et les liens entre les axes de recherche.

Titre du projet	Direction	Réalisation	Statut
<b>1.1 Optimisation du transport de personnes</b>			
1.1.1 Modèle de prévision de la mobilité multimodale	Catherine Morency Martin Trépanier	Élodie Deschaintres	Doctorat (en cours)
1.1.2 Prévision de la demande en transport	Emma Frejinger	Andrew Kristensen	Maitrise (en cours)
1.1.3 Mobilité intégrée et dépendances à l'automobile	Catherine Morency Owen Waygood	Jérôme Laviolette	Doctorat (en cours)
1.1.4 Mobilité comme service	Normand Mousseau	Florian Pedroli Renaud Girard	Prof. de recherche Stage (terminé)
1.1.5 Comportement des usagers du transport en commun	Catherine Morency Martin Trépanier	Élodie Deschaintres	Maitrise (terminée)
1.1.6 Modélisation des choix des utilisateurs et de l'équilibre du trafic d'un réseau multimodal	Emma Frejinger Patrice Marcotte	Maëlle Zimmermann	Doctorat (terminé)
1.1.7 Développement des cycles de conduite	Catherine Morency	Frédérique Roy Asad Yarahmadi	Stage (terminé) Doctorat (en démarrage)
<b>1.2 Analyse des scénarios de transformation du transport de personnes</b>			
1.2.1 Outils de diagnostic des réseaux de transport en commun	Catherine Morency	Yann Jeudy	Maitrise (terminée)
1.2.2 Modules pour l'optimisation et l'évaluation des scénarios de transport en commun	Catherine Morency Martin Trépanier	Pierre- Léo Bourbonnais Jean-Simon Bourdeau	Professionnels de recherche
1.2.3 Impact du transport en commun sur la réduction des émissions de GES	Catherine Morency Martin Trépanier	À recruter (M.Sc.1)	Maitrise (à venir)
1.2.4 Impact de la transformation du parc de véhicules sur la réduction des émissions de GES	Catherine Morency Martin Trépanier	À recruter (M.Sc.2)	Maitrise (à venir)
1.2.5 Impact des infrastructures et de l'aménagement urbain sur la réduction des émissions de GES	Catherine Morency Martin Trépanier	À recruter (M.Sc.3)	Maitrise (à venir)
1.2.6 Développement d'une méthode de calcul des émissions pour les modes de transport de personnes	Catherine Morency	Asad Yarahmadi	Doctorat (en démarrage)
<b>2.1 Simulation et optimisation du transport de marchandises</b>			
2.1.1 Modèle synthétique de déplacement des camions dans le Grand Montréal	Bernard Gendron Martin Trépanier	François Sarrazin À recruter (Postdoc.1)	Postdoctorat (en cours) Postdoctorat (à venir)
2.1.2 Modèles de logistique urbaine pour la livraison de courrier rapide	Bernard Gendron	Ammar Metnani	Professionnel de recherche
2.1.3 Analyse des enjeux de recherche opérationnelle de la livraison de colis dans des casiers partagés	Bernard Gendron	Sonja Rohmer À recruter (Ph.D.3)	Stage postdoc (terminé) Doctorat (à venir)
<b>2.2 Analyse de scénarios de logistique urbaine</b>			
2.2.1 Évaluation de scénarios de logistique urbaine pour la livraison de marchandises	Martin Trépanier Bernard Gendron	Suzanne Pirie	Maitrise (terminée)
2.2.x Estimation des émissions de GES de scénarios de logistique urbaine	Martin Trépanier Bernard Gendron	Suzanne Pirie	Doctorat (en démarrage)
2.2.4 Évaluation de scénarios de logistique urbaine - Livraison par modes actifs	Martin Trépanier Bernard Gendron	Heindrick D. Michel	Maitrise (en cours)
<b>3.1 Outils et modèles pour la transformation du transport (personnes et marchandises)</b>			
3.1.1 Modèle d'optimisation bi-niveaux pour la planification de réseaux de transport tenant compte des préférences des usagers	Emma Frejinger Bernard Gendron	Léonard Ryo Morin À recruter (Ph.D.1)	Doctorat (en cours) Doctorat (à venir)
3.1.2 Évaluation des stratégies de gestion de stationnement	Emma Frejinger Bernard Gendron	À recruter (Ph.D.2)	Doctorat (à venir)
3.1.3 Analyse des initiatives de transport de marchandise utilisant les infrastructures du transport collectif	Bernard Gendron Martin Trépanier	Suzanne Pirie Thomas Dandres	Doctorat (en cours) Prof. de recherche
<b>3.2 Optimisation des systèmes d'activités</b>			
3.2.1 Évaluation du lieu d'habitation sur la demande en transport	Catherine Morency	Hubert Verreault	Professionnel de recherche
<b>3.3 Analyse des scénarios prospectifs de transformation du transport et des activités</b>			
3.3.1 Scénarios futurs d'évolution du parc de véhicules	Normand Mousseau Martin Trépanier Emma Frejinger	Alexis Viillard	Professionnel de recherche (à recruter)
	Catherine Morency	Méridith Lacombe	Stage (en cours)
3.3.2 Analyse prospective du cycle de vie de scénarios de parc de véhicules	Bernard Gendron	Thomas Dandres	Professionnel de recherche
3.3.3 Analyse de nouvelles technologies pour le camionnage interurbain	Normand Mousseau	Renaud Girard Florian Pedroli Thomas Dandres	Stage (en cours) Prof. de recherche
<b>Futurs stagiaires</b> (seront affiliés à des projets ultérieurement)		À recruter	Stagiaires (à venir)

# Figure 1 - Organisation des projets de recherche



# Résultats attendus

## Formation de personnel

La réalisation des projets de la Chaire permettra de former du personnel hautement qualifié : 2 stagiaires postdoctoraux (dont François Sarrazin), 9 étudiants au doctorat (dont Élodie Deschaintres, Léonard Ryo Morin, Maëlle Zimmerman, Suzanne Pirie, Jérôme Laviolette et Asad Yarahmadi), 8 étudiants à la maîtrise (dont Andrew Kristensen, Élodie Deschaintres, Suzanne Pirie, Heindrick Michel et Yann Jeudy) et 8 stagiaires de premier cycle (dont Frédérique Roy, Renaud Girard et Mérédith Lacombe). Les étudiants acquerront les connaissances essentielles pour mener à bien un projet de recherche tout en devenant des experts en simulation et optimisation des réseaux de transport ou en modélisation des comportements humains liés au transport.

## Nouvelles connaissances

La recherche de la Chaire générera des **outils et des modèles** permettant de : (1) mieux caractériser la demande et l'offre en transport de personnes et de marchandises; (2) simuler et optimiser les réseaux de transport selon de nouvelles approches; (3) générer des scénarios de transformation du transport et de l'aménagement urbain augmentant l'efficacité des systèmes de transport tout en réduisant leurs coûts et leurs émissions polluantes.

## Effet de synergie

Il est prévu que les activités de la Chaire appuieront la réalisation de projets de recherche menés par d'autres chaires de recherche, dont les résultats, à leur tour, alimenteront la programmation scientifique de la Chaire. Cette approche vise à promouvoir la collaboration afin de faciliter le transfert des résultats de la recherche vers les systèmes de transport, ce au bénéfice des utilisateurs de ces systèmes. Ainsi, la Chaire collaborera, par exemple, en réalisant des études de cas pour améliorer l'opérationnalisation de la recherche, ou encore en développant des méthodes pour analyser les retombées positives des projets. Ces projets de recherche de nature collaborative seront cofinancés par la Chaire. Nous parlons dans ce cas d'effet de synergie, la Chaire retirant alors les bénéfices d'une collaboration avec d'autres chaires de recherche. L'effet de synergie ne doit pas être confondu avec l'effet de levier, par lequel la Chaire verrait son financement substantiellement bonifié par d'autres contributions provenant de sources industrielles ou du gouvernement fédéral.

## Diffusion des connaissances

Le personnel de la Chaire diffusera sa recherche à travers des **publications** soumises dans des revues scientifiques avec comité de lecture (30 articles prévus), des **communications** orales dans des conférences scientifiques (30 participations prévues), des thèses de doctorat et des mémoires de maîtrise. Par ailleurs, la Chaire organisera des activités de rayonnement : un **symposium** et des **ateliers thématiques** chaque année (3 symposiums et 6 ateliers prévus). Enfin, pour étendre son rayonnement, la Chaire se dotera d'un **site web** et communiquera ses activités sur les **réseaux sociaux**.

## Collaborations et partenariats

Les projets de la Chaire seront l'occasion de démarrer de nouvelles collaborations scientifiques avec d'autres universités et collèges, d'initier de nouveaux partenariats avec des entreprises et des institutions, tout en renforçant les liens avec les partenaires et collaborateurs actuels de la Chaire :

### Partenaires de la Chaire :



### Collaborateurs de la Chaire :

Bixi, Bureau de taxi de Montréal, Communauto, ville de Montréal, Purolator, SAQ, STM et STO.

## Amélioration de la qualité du transport

La mise en application des connaissances générées par la Chaire permettra d'améliorer concrètement l'efficacité des systèmes de transport : réduction des émissions polluantes (en particulier, les émissions de GES), réduction des coûts et des temps de transport (augmentant ainsi la compétitivité des entreprises), réduction du bruit et amélioration de la qualité de l'air (réduisant ainsi les dépenses en santé publique et le nombre de décès prématurés).



<b>Budget</b>		* 1er janvier 2018 – 31 mars 2019	** 1er avril 2019 – 31 décembre 2019				
<b>Poste budgétaire</b>		<b>An 1</b> (2018-2019)*	<b>An 2</b> (2019)**	<b>An 3</b> (2020)	<b>An 4</b> (2021)	<b>An 5</b> (2022-2023)	<b>Total</b>
<b>Salaires</b>							
Professionnels de recherche		134 616 \$	81 311 \$	284 000 \$	305 000 \$	305 000 \$	
Stagiaires Postdoctoraux		0 \$	32 500 \$	97 500 \$	65 000 \$	32 500 \$	
Sous-total		134 616 \$	113 811 \$	381 500 \$	370 000 \$	337 500 \$	
Frais indirect	27%	36 346 \$	30 729 \$	103 005 \$	99 900 \$	91 125 \$	
		<b>170 962 \$</b>	<b>144 540 \$</b>	<b>484 505 \$</b>	<b>469 900 \$</b>	<b>428 625 \$</b>	<b>1 698 532 \$</b>
<b>Bourses étudiants</b>							
Doctorat		44 560 \$	59 500 \$	145 250 \$	147 000 \$	141 750 \$	
Maîtrise		53 841 \$	33 542 \$	52 500 \$	70 000 \$	35 000 \$	
Stagiaire		0 \$	6 960 \$	14 000 \$	14 000 \$	14 000 \$	
Sous-total		98 402 \$	100 002 \$	211 750 \$	231 000 \$	190 750 \$	
Frais indirect	27%	26 568 \$	27 000 \$	57 173 \$	62 370 \$	51 503 \$	
		<b>124 970 \$</b>	<b>127 002 \$</b>	<b>268 923 \$</b>	<b>293 370 \$</b>	<b>242 253 \$</b>	<b>1 056 517 \$</b>
<b>Matériel, consommables et fournitures</b>							
Frais d'impression, traicteur, etc.		509 \$	1 000 \$	2 000 \$	1 000 \$	1 000 \$	
Sous-total		509 \$	1 000 \$	2 000 \$	1 000 \$	1 000 \$	
Frais indirect	27%	137 \$	270 \$	540 \$	270 \$	270 \$	
		<b>646 \$</b>	<b>1 270 \$</b>	<b>2 540 \$</b>	<b>1 270 \$</b>	<b>1 270 \$</b>	<b>6 996 \$</b>
<b>Achat ou location d'équipements</b>							
Ordinateurs		0 \$	0 \$	22 000 \$	10 000 \$	10 000 \$	
Sous-total		0 \$	0 \$	22 000 \$	10 000 \$	10 000 \$	
Frais indirect	27%	0 \$	0 \$	5 940 \$	2 700 \$	2 700 \$	
		<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>27 940 \$</b>	<b>12 700 \$</b>	<b>12 700 \$</b>	<b>53 340 \$</b>
<b>Frais déplacement et séjour (Qc seulement)</b>							
Rencontres avec partenaires		65 \$	500 \$	2 000 \$	3 000 \$	3 000 \$	
Stage postdoctoral (visite)		0 \$	0 \$	7 000 \$	0 \$	0 \$	
Sous-total		65 \$	500 \$	9 000 \$	3 000 \$	3 000 \$	
Frais indirect	27%	18 \$	135 \$	2 430 \$	810 \$	810 \$	
		<b>83 \$</b>	<b>635 \$</b>	<b>11 430 \$</b>	<b>3 810 \$</b>	<b>3 810 \$</b>	<b>19 768 \$</b>
<b>Frais diffusion</b>							
Symposium annuel		0 \$	0 \$	20 000 \$	20 000 \$	20 000 \$	
Ateliers thématiques		0 \$	0 \$	15 000 \$	20 000 \$	20 000 \$	
Autres Frais, incluant site web		0 \$	0 \$	15 000 \$	3 000 \$	2 073 \$	
Sous-total		<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>50 000 \$</b>	<b>43 000 \$</b>	<b>42 073 \$</b>	<b>135 073 \$</b>
<b>Total direct</b>		<b>233 591 \$</b>	<b>215 313 \$</b>	<b>676 250 \$</b>	<b>658 000 \$</b>	<b>584 323 \$</b>	<b>2 367 477 \$</b>
<b>Total indirect</b>		<b>63 070 \$</b>	<b>58 134 \$</b>	<b>169 088 \$</b>	<b>166 050 \$</b>	<b>146 408 \$</b>	<b>602 749 \$</b>
<b>Grand total</b>		<b>296 660 \$</b>	<b>273 447 \$</b>	<b>845 338 \$</b>	<b>824 050 \$</b>	<b>730 731 \$</b>	<b>2 970 226 \$</b>
<b>Subvention du MEI</b>		<b>405 015 \$</b>	<b>300 000 \$</b>	<b>769 427 \$</b>	<b>772 078 \$</b>	<b>723 706 \$</b>	<b>2 970 226 \$</b>

Titre du projet	Direction	Réalisation	Statut	Budget*
<b>1.1 Optimisation du transport de personnes</b>				* excluant les frais indirects
1.1.1 Modèle de prévision de la mobilité multimodale	Catherine Morency Martin Trépanier	Élodie Deschaintres	Doctorat (en cours)	85 559 \$
1.1.2 Prévision de la demande en transport	Emma Frejinger	Andrew Kristensen	Maitrise (en cours)	18 958 \$
1.1.3 Mobilité intégrée et dépendances à l'automobile	Catherine Morency Owen Waygood	Jérôme Laviolette	Doctorat (en cours)	78 750 \$
1.1.4 Mobilité comme service	Normand Mousseau	Renaud Girard	Stage (terminé)	6 960 \$
1.1.5 Comportement des usagers du transport en commun	Catherine Morency Martin Trépanier	Élodie Deschaintres	Maitrise (terminée)	13 781 \$
1.1.6 Modélisation des choix des utilisateurs et de l'équilibre du trafic d'un réseau multimodal	Emma Frejinger Patrice Marcotte	Maëlle Zimmermann	Doctorat (terminé)	5 250 \$
1.1.7 Développement des cycles de conduite	Catherine Morency	Frédérique Roy Asad Yarahmadi	Stage (terminé) Doctorat (en démarrage)	28 000 \$
<b>1.2 Analyse des scénarios de transformation du transport de personnes</b>				
1.2.1 Outils de diagnostic des réseaux de transport en commun	Catherine Morency	Yann Jeudy	Maitrise (terminée)	29 185 \$
1.2.2 Modules pour l'optimisation et l'évaluation des scénarios de transport en commun	Catherine Morency Martin Trépanier	Pierre-Léo Bourbonnais Jean-Simon Bourdeau	Professionnels de recherche	348 328 \$
1.2.3 Impact du transport en commun sur la réduction des émissions de GES	Catherine Morency Martin Trépanier	À recruter (M.Sc.1)	Maitrise (à venir)	35 000 \$
1.2.4 Impact de la transformation du parc de véhicules sur la réduction des émissions de GES	Catherine Morency Martin Trépanier	À recruter (M.Sc.2)	Maitrise (à venir)	35 000 \$
1.2.5 Impact des infrastructures et de l'aménagement urbain sur la réduction des émissions de GES	Catherine Morency Martin Trépanier	À recruter (M.Sc.3)	Maitrise (à venir)	35 000 \$
1.2.6 Développement d'une méthode de calcul des émissions pour les modes de transport de personnes	Catherine Morency	Asad Yarahmadi	Doctorat (en démarrage)	42 000 \$
<b>2.1 Simulation et optimisation du transport de marchandises</b>				
2.1.1 Modèle synthétique de déplacement des camions dans le Grand Montréal	Bernard Gendron Martin Trépanier	François Sarrazin À recruter (Postdoc.1)	Postdoctorat (en cours) Postdoctorat (à venir)	227 500 \$
2.1.2 Modèles de logistique urbaine pour la livraison de courrier rapide	Bernard Gendron	Ammar Metnani	Professionnel de recherche	201 288 \$
2.1.3 Analyse des enjeux de recherche opérationnelle de la livraison de colis dans des casiers partagés	Bernard Gendron	Sonja Rohmer À recruter (Ph.D.3)	Stage postdoc (terminé) Doctorat (à venir)	70 000 \$
<b>2.2 Analyse de scénarios de logistique urbaine</b>				
2.2.1 Évaluation de scénarios de logistique urbaine pour la livraison de marchandises	Martin Trépanier Bernard Gendron	Suzanne Pirie	Maitrise (terminée)	42 958 \$
2.2.x Estimation des émissions de GES de scénarios de logistique urbaine	Martin Trépanier Bernard Gendron	Suzanne Pirie	Doctorat (en démarrage)	56 000 \$
2.2.4 Évaluation de scénarios de logistique urbaine - Livraison par modes actifs	Martin Trépanier Bernard Gendron	Heindrick D. Michel	Maitrise (en cours)	35 000 \$
<b>3.1 Outils et modèles pour la transformation du transport (personnes et marchandises)</b>				
3.1.1 Modèle d'optimisation bi-niveaux pour la planification de réseaux de transport tenant compte des préférences des usagers	Emma Frejinger Bernard Gendron	Léonard Ryo Morin À recruter (Ph.D.1)	Doctorat (en cours) Doctorat (à venir)	116 502 \$
3.1.2 Évaluation des stratégies de gestion de stationnement	Emma Frejinger Bernard Gendron	À recruter (Ph.D.2)	Doctorat (à venir)	63 000 \$
3.1.3 Analyse des initiatives de transport de marchandise utilisant les infrastructures du transport collectif	Bernard Gendron Martin Trépanier	Suzanne Pirie Thomas Dandres	Doctorat (en démarrage) Prof. de recherche	Inclus dans 2.2.x et 3.3.2
<b>3.2 Optimisation des systèmes d'activités</b>				
3.2.1 Évaluation du lieu d'habitation sur la demande en transport	Catherine Morency	Hubert Verreault	Professionnel de recherche	140 000 \$
<b>3.3 Analyse des scénarios prospectifs de transformation du transport et des activités</b>				
3.3.1 Scénarios futurs d'évolution du parc de véhicules	Normand Mousseau Martin Trépanier Emma Frejinger	Alexis Viallard	Professionnel de recherche	127 000 \$
	Catherine Morency	Méridith Lacombe	Stage (en cours)	
3.3.2 Analyse prospective du cycle de vie de scénarios de parc de véhicules	Bernard Gendron	Thomas Dandres	Professionnel de recherche	300 311 \$
3.3.3 Analyse de nouvelles technologies pour le camionnage interurbain	Normand Mousseau	Renaud Girard	Stage (en cours)	7 200 \$
<b>Futurs stagiaires</b> (seront affiliés à des projets ultérieurement)		À recruter	Stagiaires (à venir)	27 800 \$

## Budget détaillé

\* 1er janvier 2018 –  
31 mars 2019

\*\* 1er avril 2019 –  
31 décembre 2019

Poste budgétaire	An 1 (2018-2019)*	An 2 (2019)**	An 3 (2020)	An 4 (2021)	An 5 (2022-2023)	Total
<b>Salaires</b>						
<b>Professionnels de recherche</b>	<b>134 616 \$</b>	<b>81 311 \$</b>	<b>284 000 \$</b>	<b>305 000 \$</b>	<b>305 000 \$</b>	
Pierre-Léo Bourbonnais	54 022 \$	20 000 \$	40 000 \$	40 000 \$	40 000 \$	
Jean-Simon Bourdeau	19 306 \$	15 000 \$	40 000 \$	40 000 \$	40 000 \$	
Ammar Metnani	61 288 \$	20 000 \$	40 000 \$	40 000 \$	40 000 \$	
Alexis Viillard	0 \$	0 \$	40 000 \$	40 000 \$	40 000 \$	
Hubert Verreault	0 \$	20 000 \$	40 000 \$	40 000 \$	40 000 \$	
Thomas Dandres	0 \$	6 311 \$	84 000 \$	105 000 \$	105 000 \$	
<b>Stagiaires Postdoctoraux</b>	<b>0 \$</b>	<b>32 500 \$</b>	<b>97 500 \$</b>	<b>65 000 \$</b>	<b>32 500 \$</b>	
François Sarrazin	0 \$	32 500 \$	65 000 \$	0 \$	0 \$	
Post-Doc. 1	0 \$	0 \$	32 500 \$	65 000 \$	32 500 \$	
Sous-total	134 616 \$	113 811 \$	381 500 \$	370 000 \$	337 500 \$	
Frais indirect	27% 36 346 \$	30 729 \$	103 005 \$	99 900 \$	91 125 \$	
	<b>170 962 \$</b>	<b>144 540 \$</b>	<b>484 505 \$</b>	<b>469 900 \$</b>	<b>428 625 \$</b>	<b>1 698 532 \$</b>
<b>Bourses étudiants</b>						
<b>Doctorat</b>	<b>44 560 \$</b>	<b>59 500 \$</b>	<b>145 250 \$</b>	<b>147 000 \$</b>	<b>141 750 \$</b>	
Élodie Deschaintres	12 059 \$	15 750 \$	21 000 \$	21 000 \$	15 750 \$	
Léonard Ryo Morin	32 502 \$	15 750 \$	5 250 \$	0 \$	0 \$	
Maëlle Zimmermann	0 \$	5 250 \$	0 \$	0 \$	0 \$	
Suzanne Pirie	0 \$	0 \$	14 000 \$	21 000 \$	21 000 \$	
Jérôme Laviolette	0 \$	15 750 \$	21 000 \$	21 000 \$	21 000 \$	
Asad Yarahmadi	0 \$	7 000 \$	21 000 \$	21 000 \$	21 000 \$	
Ph.D. 1	0 \$	0 \$	21 000 \$	21 000 \$	21 000 \$	
Ph.D. 2	0 \$	0 \$	21 000 \$	21 000 \$	21 000 \$	
Ph.D. 3	0 \$	0 \$	21 000 \$	21 000 \$	21 000 \$	
<b>Maîtrise</b>	<b>53 841 \$</b>	<b>33 542 \$</b>	<b>52 500 \$</b>	<b>70 000 \$</b>	<b>35 000 \$</b>	
Yann Jeudy	16 060 \$	13 125 \$	0 \$	0 \$	0 \$	
Suzanne Pirie	24 000 \$	13 125 \$	5 833 \$	0 \$	0 \$	
Élodie Deschaintres	13 781 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	
Andrew Kristensen	0 \$	7 292 \$	11 667 \$	0 \$	0 \$	
Heindrick D. Michel	0 \$	0 \$	17 500 \$	17 500 \$	0 \$	
M.Sc.1	0 \$	0 \$	17 500 \$	17 500 \$	0 \$	
M.Sc.2	0 \$	0 \$	0 \$	17 500 \$	17 500 \$	
M.Sc.3	0 \$	0 \$	0 \$	17 500 \$	17 500 \$	
<b>Stagiaire</b>	<b>0 \$</b>	<b>6 960 \$</b>	<b>14 000 \$</b>	<b>14 000 \$</b>	<b>14 000 \$</b>	
Sous-total	98 402 \$	100 002 \$	211 750 \$	231 000 \$	190 750 \$	
Frais indirect	27% 26 568 \$	27 000 \$	57 173 \$	62 370 \$	51 503 \$	
	<b>124 970 \$</b>	<b>127 002 \$</b>	<b>268 923 \$</b>	<b>293 370 \$</b>	<b>242 253 \$</b>	<b>1 056 517 \$</b>
<b>Matériel, consommables et fournitures</b>						
Frais d'impression, papier, etc.	509 \$	1 000 \$	2 000 \$	1 000 \$	1 000 \$	
Sous-total	509 \$	1 000 \$	2 000 \$	1 000 \$	1 000 \$	
Frais indirect	27% 137 \$	270 \$	540 \$	270 \$	270 \$	
	<b>646 \$</b>	<b>1 270 \$</b>	<b>2 540 \$</b>	<b>1 270 \$</b>	<b>1 270 \$</b>	<b>6 996 \$</b>
<b>Achat ou location d'équipements</b>						
Ordinateurs	0 \$	0 \$	22 000 \$	10 000 \$	10 000 \$	
Sous-total	0 \$	0 \$	22 000 \$	10 000 \$	10 000 \$	
Frais indirect	27% 0 \$	0 \$	5 540 \$	2 700 \$	2 700 \$	
	<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>27 540 \$</b>	<b>12 700 \$</b>	<b>12 700 \$</b>	<b>53 340 \$</b>
<b>Frais déplacement et séjour (Qc seulement)</b>						
Rencontres avec partenaires	65 \$	500 \$	2 000 \$	3 000 \$	3 000 \$	
Stage postdoctoral (visite)	0 \$	0 \$	7 000 \$	0 \$	0 \$	
Sous-total	65 \$	500 \$	9 000 \$	3 000 \$	3 000 \$	
Frais indirect	27% 18 \$	135 \$	2 430 \$	810 \$	810 \$	
	<b>83 \$</b>	<b>635 \$</b>	<b>11 430 \$</b>	<b>3 810 \$</b>	<b>3 810 \$</b>	<b>19 768 \$</b>
<b>Frais diffusion</b>						
Symposium annuel	0 \$	0 \$	20 000 \$	20 000 \$	20 000 \$	
Ateliers thématiques	0 \$	0 \$	15 000 \$	20 000 \$	20 000 \$	
Autres Frais, incluant site web	0 \$	0 \$	15 000 \$	3 000 \$	2 073 \$	
Sous-total	<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>50 000 \$</b>	<b>43 000 \$</b>	<b>42 073 \$</b>	<b>135 073 \$</b>
<b>Total direct</b>	<b>233 591 \$</b>	<b>215 313 \$</b>	<b>676 250 \$</b>	<b>658 000 \$</b>	<b>584 323 \$</b>	<b>2 367 477 \$</b>
<b>Total indirect</b>	<b>63 070 \$</b>	<b>58 134 \$</b>	<b>169 088 \$</b>	<b>166 050 \$</b>	<b>146 408 \$</b>	<b>602 749 \$</b>
<b>Grand total</b>	<b>296 660 \$</b>	<b>273 447 \$</b>	<b>845 338 \$</b>	<b>824 050 \$</b>	<b>730 731 \$</b>	<b>2 970 226 \$</b>
<b>Subvention du MEI</b>	<b>405 015 \$</b>	<b>300 000 \$</b>	<b>769 427 \$</b>	<b>772 078 \$</b>	<b>723 706 \$</b>	<b>2 970 226 \$</b>