



**RAPPORT ANNUEL
2020-2021**

 **INSTITUT
DE L'ÉNERGIE
TROTIER**



SOMMAIRE

- 01** Historique
Mission
- 02** Mot du directeur scientifique
Équipe de l'IET
- 03** Gouvernance
- 04** Boursiers Trottier
- 06** Axes stratégiques
- 07** Activités 2020-2021
- 09** Initiative de modélisation énergétique
- 11** Programme de subventions à la recherche
 - 12 Métafenêtres intelligentes
 - 13 Réduction de l'empreinte carbone de l'agriculture
 - 14 L'île virtuelle – Modèle énergétique urbain de l'île de Montréal
 - 15 Développement écoresponsable d'une batterie graphène-soufre
- 16** Programmes d'études supérieures
- 17** Revue de presse

Le rapport annuel 2020-2021 de l'Institut de l'énergie Trottier rend compte des activités réalisées pendant l'exercice s'échelonnant du 1^{er} mai 2020 au 30 avril 2021.

HISTORIQUE

La création de l'Institut de l'énergie Trottier (IET) a été rendue possible, en 2013, grâce à un don exceptionnel de la Fondation familiale Trottier à Polytechnique Montréal, dans le cadre de la grande campagne de financement de Campus Montréal.

Plus d'une douzaine de départements de HEC Montréal, de Polytechnique Montréal et de l'Université de Montréal sont actifs dans le domaine de l'énergie.

Rassembleur, l'IET s'est donné le mandat d'enrichir et de consolider cette expertise. Son statut particulier lui permet d'ailleurs d'utiliser une approche systémique et globale prenant en compte les dimensions techniques, sociales et économiques des enjeux énergétiques.

L'IET peut compter sur un large réseau de collaborateurs dont font partie des professeurs et des chercheurs de Campus Montréal, le *Trottier Institute for Sustainability in Engineering and Design* (TISED) de l'Université McGill, ainsi que des experts de divers horizons.



Lorne Trottier, le grand philanthrope derrière la création de l'IET, en conversation avec des étudiants de Polytechnique.

MISSION

L'Institut de l'énergie Trottier a pour mission :

La formation

d'une nouvelle génération d'ingénieurs, de scientifiques et d'innovateurs ayant une compréhension systémique et transdisciplinaire des enjeux énergétiques.

La recherche

de solutions durables qui permettront d'assurer l'avenir énergétique, en appuyant la génération de connaissances et l'innovation dans le domaine énergétique.

La diffusion

des connaissances liées à l'énergie pour ainsi alimenter le dialogue sociétal sur les questions énergétiques.

MOT DU DIRECTEUR SCIENTIFIQUE

Une année pandémique se conclut. Cette année a souligné à grands traits l'importance de la science dans la société. Malgré le ralentissement des activités, l'Institut de l'énergie Trottier a continué à faire progresser les solutions pour une société carboneutre tout en participant activement aux débats publics sur la question.

Ces efforts se réalisent d'abord par le travail des boursiers et boursières Trottier, qui figurent en vedette sur la couverture de ce rapport. Ils et elles ont fait le choix de consacrer leur projet de maîtrise ou de doctorat à des enjeux liés à une transition énergétique durable. Or, durant la dernière année, la pandémie a posé d'importants défis à la recherche universitaire. Sachant que plusieurs activités ont été bousculées, l'équipe de l'IET s'est assurée de maintenir le contact et de leur offrir du soutien durant cette période d'instabilité. Ayant pu observer leur grande capacité d'adaptation, je tiens à saluer la persévérance dont ils et elles ont fait preuve et les remercier pour leur engagement.

Cet engagement est aussi visible chez les équipes de recherche soutenues par l'IET. En plus des projets menés par les professeurs Étienne Robert, Michaël Kummert et Christophe Caloz qui arrivent dans leur deuxième et troisième année de financement, le comité de sélection a aussi retenu un nouveau projet, piloté par le Pr Alain Rochefort, qui recevra 150 000 \$ durant trois ans. Ici encore, je désire souligner le travail remarquable de ces équipes dans un contexte difficile, où l'accès aux laboratoires a été grandement réduit, mais qui ont réussi à maintenir le cap.

Parmi les activités-phares de la dernière année, notons la poursuite de l'Initiative de modélisation énergétique (IME). Ce mandat, décerné à l'IET par Ressources naturelles Canada, est entré dans sa deuxième phase avec l'attribution de financement pour 15 projets supplémentaires. Nous avons également poursuivi la mise à jour d'un inventaire de la modélisation énergétique au Canada, en plus de rendre disponibles des outils conviviaux qui permettent d'analyser facilement les emplois et les impacts économiques des projets canadiens liés à l'électrification. L'objectif des modèles diffusés est de fournir aux différents acteurs du secteur de l'énergie un outil d'aide à la décision simple et flexible, adapté au contexte des provinces et territoires canadiens.

Par ailleurs, l'IET a rassemblé une vingtaine d'experts associés au projet *Le climat, l'État et nous* pour amorcer une réflexion multidisciplinaire au sujet de la relance économique post-COVID. Ne serait-ce que par l'ampleur des moyens à déployer, cette relance est une occasion unique non seulement d'améliorer la résilience de notre système public, mais également d'envisager une économie à la fois performante, responsable et durable. Les experts impliqués se sont entendus pour dire que la crise actuelle offrait de précieux enseignements pour les années à venir, dont l'importance de reconnaître les risques, de les anticiper et d'agir de façon proactive avant d'être frappé de plein fouet par les événements, ainsi que le rôle essentiel du savoir scientifique et de l'accès à des données probantes et transparentes pour la prise de décision et l'acceptabilité. L'exercice a mené à la publication de principes-cadres qui s'accompagnent d'exemples de mesures et d'actions à prendre à court terme. Le tout a circulé publiquement en plus de faire l'objet d'échanges avec les gouvernements.

Je voudrais souligner également que deux professeurs du campus, Catherine Morency (Polytechnique Montréal) et Pierre-Olivier Pineau (HEC Montréal), ont été nommés au Comité consultatif sur les changements climatiques avec, comme mandat, de conseiller le ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec.

Enfin, je termine en vous présentant le visage renouvelé de l'équipe. L'IET s'est adjoint de nouveaux collaborateurs, afin d'aborder les enjeux énergétiques sous la loupe des disciplines sociales, économiques et environnementales. Vous pourrez prendre toute la mesure du travail de cette équipe dans les pages qui suivent.



Normand Mousseau

ÉQUIPE DE L'IET



Normand Mousseau
Directeur scientifique



Louis Beaumier
Directeur exécutif



Frédéric Sirois
Coordonnateur
des programmes
d'études supérieures
en génie énergétique

GOUVERNANCE



Simon Langlois-Bertrand
Associé de recherche



Éloïse Edom
Associée de recherche



Florian Pedrol
Associé de recherche



Audrey Rondeau
Conseillère en communications

CONSEIL DE DIRECTION

Lorne Trottier

Président, Fondation familiale Trottier

Sylvie Trottier

Directrice, Fondation familiale Trottier

Luc Stafford

Conseiller spécial à la vice-rectrice à la recherche, à la découverte, à la création et à l'innovation, Université de Montréal

François Bertrand

Directeur général adjoint et directeur de la formation et de la recherche, Polytechnique Montréal

Louise Millette

Professeure agrégée et directrice, Génies civil, géologique et des mines, Polytechnique Montréal

Pierre-Olivier Pineau

Professeur titulaire, Sciences de la décision, HEC Montréal

COMITÉ CONSULTATIF

James Meadowcroft

Professeur, École de politique publique et d'administration et Science politique, Université Carleton

Catherine Choquette

Professeure, Faculté de droit, Université de Sherbrooke

Stephanie Hamilton

Chef d'équipe senior, EY Services en changements climatiques et développement durable

Sophie Hosatte

Directrice, groupe bâtiments, Centre de recherche CanmetÉNERGIE, Varennes

COMITÉ DE GESTION

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

Normand Mousseau

Directeur scientifique, IET et professeur titulaire, Physique

Erick Lachapelle

Professeur agrégé, Science politique

Dominic Rochefort

Professeur titulaire, Chimie

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

Michel Bernier

Professeur titulaire, Génie mécanique

Hanane Dagdougui

Professeure agrégée, Mathématiques et génie industriel

François Guibault

Professeur titulaire, Génie informatique et génie logiciel

Elmira Hassanzadeh

Professeure adjointe, Génies civil, géologique et des mines

Oumarou Savadogo

Professeur titulaire, Génie chimique

Frédéric Sirois

Coordonnateur des programmes d'études supérieures en génie énergétique, et professeur titulaire, Génie électrique

Oussama Moutanabbir

Professeur titulaire, Génie physique

BOURSES TROTTIER

C'est dans le cadre du volet formation de sa mission que l'IET a mis en place le programme des bourses Trottier. Il est destiné aux étudiants des trois institutions de Campus Montréal (Polytechnique Montréal, HEC Montréal, Université de Montréal) qui amorcent un programme d'études aux cycles supérieurs – maîtrise-recherche ou doctorat – dans un domaine de recherche compatible avec la mission de l'IET, à savoir le développement de solutions durables permettant d'assurer l'avenir énergétique de notre société.

- ▶ Maîtrise-recherche : 27 000 \$ / 2 ans
- ▶ Doctorat : 51 000 \$ / 3 ans

LAURÉATS

Durant l'année 2020-2021, 12 étudiants profitaient d'une aide de l'IET. Les projets des lauréats se démarquent tant par leur qualité scientifique que par leur intérêt sociétal.



MONA AZIMI
(Bourse doctorale, 2018)

Génie chimique – Polytechnique Montréal
Directeur : Fabio Cicoira
Cellules solaires flexibles et extensibles exemptes d'oxyde d'étain d'indium



ELSA BRIQUELEUR
(Bourse doctorale, 2018)

Chimie – Université de Montréal
Directeur : Mickaël Dollé
Preuve de concept d'une photobatterie organique



GUILLAUME LAVIGNE
(Bourse doctorale, 2018)

Génie électrique – Polytechnique Montréal
Directeur : Christophe Caloz
Développement de métafenêtres intelligentes



ANNIE PIKE
(Bourse de maîtrise, 2019)

Génie énergétique – Polytechnique Montréal
Directeur : Michaël Kummert
Solutions durables et résilientes pour l'autonomie énergétique dans les communautés isolées



VALÉRIE LEFEBVRE
(Bourse doctorale, 2020)

Chimie – Université de Montréal
Directeur : Richard Martel
Étude et fabrication contrôlée de cristaux minces de phosphore noir



DALMA SCHIEPPATI
(Bourse doctorale, 2020)

Génie des matériaux – Polytechnique Montréal
Directrice : Daria Camilla Boffito
Dépolymérisation et conversion de la lignine en produits à haute valeur ajoutée



ELIE ANTAR
(Bourse doctorale, 2019)

Génie mécanique – Polytechnique Montréal
Directeur : Étienne Robert
Conversion thermochimique de la biomasse pour une agriculture carbonneutre



MINA ABBASIPOUR
(Bourse de maîtrise, 2019)

Génie chimique – Polytechnique Montréal
Directeur : Fabio Cicoira
Développement d'un nanogénérateur hybride portable à base de nanofibres électrofilées



ZAYNAB GROFTI
(Bourse de maîtrise, 2019)

Génie mécanique – Polytechnique Montréal
Directeurs : Rachid Boukhili, François Trochu
Fabrication de pales d'éolienne en composites pour les milieux nordiques



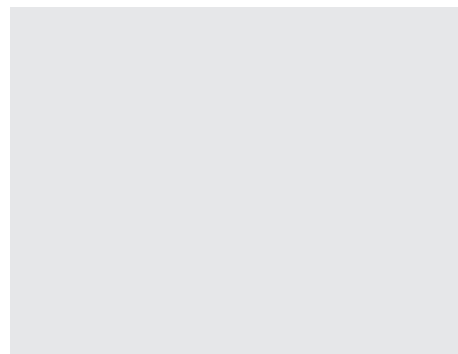
YANYU WANG
(Bourse doctorale, 2020)

Chimie – Université de Montréal
Directeur : Dominic Rochefort
Organic Ionic Plastic Crystals (OIPCs)
Composite Electrolytes for All-solid-state Lithium-organic Batteries



MARIANNE PERRON
(Bourse de maîtrise, 2020)

Génie mécanique – Polytechnique Montréal
Directeur : Étienne Robert
Agriculture carbonneutre – conversion de la biomasse par système thermochimique



GAÉTAN RAYNAUD
(Bourse de maîtrise, 2020)

Génie aérospatial – Polytechnique Montréal
Directeur : Frédéric Gosselin
Détermination des vibrations dans les turbines hydro-électriques par apprentissage profond

AXES STRATÉGIQUES

La mission de l'IET s'articule autour de trois axes stratégiques :

FORMATION

- ▶ Administrer les programmes de bourses d'études de 2^e et 3^e cycles liées au domaine de l'énergie;
- ▶ Agir comme centre de référence pour intégrer un point de vue systémique dans le contenu universitaire sur l'énergie de Polytechnique Montréal;
- ▶ Offrir à la communauté polytechnicienne un environnement intellectuel et scientifique propice à éveiller et à nourrir l'intérêt pour les questions énergétiques;
- ▶ Favoriser le maillage entre les étudiants qui consacrent leur projet intégrateur aux thématiques énergétiques et des spécialistes de divers horizons;
- ▶ Collaborer à promouvoir la culture d'excellence du génie énergétique à Polytechnique Montréal afin d'attirer la relève dans ce champ d'activités porteur d'avenir.

RECHERCHE

- ▶ Créer un milieu favorable au démarrage de nouveaux projets de recherche transdisciplinaires portant sur l'énergie. La transdisciplinarité est encouragée afin d'inscrire les projets dans une approche systémique de résolution de problème allant au-delà de la seule discipline de l'ingénierie;
- ▶ Établir et maintenir des partenariats pour consolider les réseaux régionaux, nationaux et internationaux de Polytechnique Montréal;
- ▶ Jouer un rôle actif dans la recherche de financement, dans les circuits gouvernementaux et privés, afin d'appuyer la recherche, notamment la recherche interdisciplinaire et transdisciplinaire sur des thématiques, des problématiques ou des projets précis.

DIFFUSION

- ▶ Soutenir la création d'événements transdisciplinaires comme tribune de discussion sur les questions énergétiques;
- ▶ Favoriser et soutenir la présence médiatique des différents experts en énergie de Polytechnique;
- ▶ Encourager la participation des professeurs, des chercheurs et des étudiants aux événements scientifiques – régionaux, nationaux ou internationaux – liés aux questions énergétiques;
- ▶ Appuyer la participation aux événements scientifiques de Polytechnique pertinents à la mission de l'Institut;
- ▶ Agir comme un lieu privilégié d'accès à l'expertise et de diffusion de la recherche et de la formation en énergie, tant à l'échelle du campus qu'aux échelles nationale et internationale;
- ▶ Faire preuve de leadership en matière d'énergie auprès de la communauté universitaire et scientifique, ainsi que du public;
- ▶ Être un intervenant incontournable pour la classe politique, de même qu'une source d'information pour la société en général.

ACTIVITÉS 2020-2021



Repenser l'action publique en environnement

DIFFUSION DE QUATRE PRINCIPES POUR ENCADRER LA RELANCE

Déjà en avril 2020, l'IET, à travers son initiative *Le climat, l'État et nous*, appelait les gouvernements à prendre en compte la crise climatique dans sa relance post-COVID. Les experts ont proposé quatre principes-cadres qui devraient guider l'élaboration du plan de relance. Ces principes ont fait l'objet d'une couverture médiatique dans les grands quotidiens québécois.

1. Contrôler les dommages collatéraux et mieux partager les risques;
2. Saisir les occasions qu'offre la réponse à la crise actuelle;
3. Prévoir ensemble les prochaines crises sanitaires et climatiques en développant notre capacité de résilience;
4. Instaurer des mécanismes efficaces de reddition de comptes et de suivi.



CONTRIBUTION À LA STRATÉGIE CANADIENNE POUR L'HYDROGÈNE

Ressources naturelles Canada a lancé le 16 décembre 2020 la *Stratégie canadienne pour l'hydrogène*, un cadre qui vise à transformer le Canada en chef de file mondial de l'hydrogène et à faire ainsi de ce combustible à faible teneur en carbone un élément essentiel de la démarche de carboneutralité. L'Accélérateur de transition, dont l'IET est partenaire, fait partie des groupes ayant contribué à l'élaboration de cette Stratégie. L'Accélérateur de transition est un organisme pancanadien à but non lucratif qui travaille sur des solutions de réduction des émissions pour les entreprises et la société. Le gouvernement s'est appuyé sur certaines de ses analyses pour définir les orientations de la Stratégie.



NOMINATION AU COMITÉ CONSULTATIF EXTERNE DU CCIE

Louis Beaumier, directeur exécutif de l'Institut de l'énergie Trottier, a été nommé au comité consultatif externe du Centre canadien d'information sur l'énergie (CCIE) en octobre 2020. Nouvellement mis sur pied, l'objectif du CCIE est de devenir le guichet unique donnant accès à des renseignements, des données et des analyses sur toutes les questions liées à l'énergie. Ce lancement constitue un jalon important d'un projet pluriannuel, élaboré par Statistique Canada et Ressources naturelles Canada en collaboration avec Environnement et Changement climatique Canada et la Régie de l'énergie du Canada.

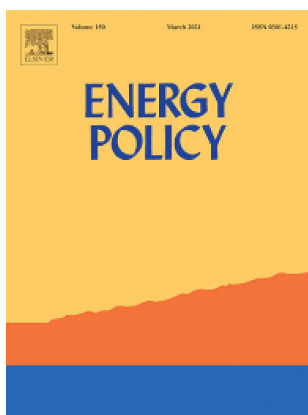
ACTIVITÉS 2020-2021



Partenaire financier **La fondation McConnell** Foundation
Partenaire pédagogique **ASI ACADEMY for SUSTAINABLE INNOVATION**
En collaboration avec **IET INSTITUT DE L'ÉNERGIE TROTTIER**

APPUI AU PROJET CHEMINS DE TRANSITION

L'Institut de l'énergie Trottier est fier d'appuyer le projet Chemins de transition, dont l'objectif est d'engager la communauté scientifique, au côté des citoyens et citoyennes et des autres forces vives de la société, dans le débat nécessaire sur la transition écologique au Québec, afin d'identifier collectivement les chemins les plus porteurs pour assurer un futur souhaitable. Ce projet, porté par l'Université de Montréal et Espace pour la vie, bénéficie du programme de soutien aux collaborations et à la diffusion de l'IET. Chemins de transition permettra de stimuler les liens entre les activités de recherche et d'enseignement et de proposer des perspectives de réflexion originales.



ARTICLE SCIENTIFIQUE SUR LA DÉCARBONATION DE L'ÉLECTRICITÉ DÉCOULANT D'UN PROJET FINANCÉ PAR L'IET

Un article a été publié dans l'édition de mars 2021 de la revue *Energy Policy* par les auteurs Jesús A. Rodríguez-Sarasty, Sébastien Debia et Pierre-Olivier Pineau du Département des sciences de la décision de

HEC Montréal, grâce au soutien financier de l'Institut de l'énergie Trottier et de la Fondation familiale Trottier. Cet article présente le modèle d'expansion et de répartition de la capacité du secteur de l'électricité du nord-est de l'Amérique du Nord avec lequel les auteurs analysent l'impact des objectifs de réduction des émissions, les niveaux de charge et la disponibilité des technologies énergétiques à travers différents scénarios, afin d'évaluer les avantages de la coopération régionale.



RECHERCHE EN POLITIQUES CLIMATIQUES AU CANADA : UN ATELIER-DIALOGUE STRATÉGIQUE

Selon un mandat octroyé par l'Institut canadien pour des choix climatiques, un grand atelier-dialogue s'étalant sur deux semaines a été organisé conjointement par l'Institut de l'énergie Trottier et Ouranos, avec la collaboration de l'Institut du Nouveau Monde et le soutien de l'IVEY Foundation et de la Fondation familiale Trottier.

En vue d'orienter le calendrier de recherche 2021 de l'Institut canadien pour des choix climatiques, les thèmes centraux étaient les suivants :

- ▶ La cohabitation en gouvernance
- ▶ Les dimensions sociales et d'équité
- ▶ Les stratégies intégratives.

Des discussions thématiques (14 au 26 septembre 2020) ont précédé la tenue d'un grand forum (7 et 8 octobre 2020). Au total, 136 personnes ont participé à l'activité.

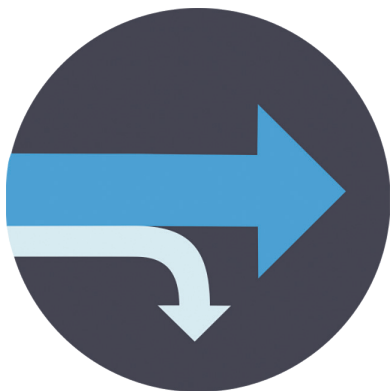
Cet événement d'envergure avait pour objectifs d'analyser les priorités en recherche et les occasions de collaboration, en plus de resserrer les liens entre les meilleurs chercheurs et penseurs du domaine des politiques climatiques à l'échelle nationale. Une vingtaine de spécialistes pancanadiens ont été mis à contribution, en plus de deux conférencières invitées lors du forum :

- ▶ Corinne Le Quéré, présidente du Haut Conseil pour le Climat en France, membre du Climate Change Committee au Royaume-Uni;
- ▶ Anne Hammill, directrice sénior, résilience, International Institute for Sustainable Development.

Un rapport a été rendu public afin de fournir une synthèse des principales idées qui ont été abordées et formuler les questions de recherche qui ont émergé au cours des discussions.

Tout le contenu écrit et vidéo est disponible ici : <https://iet.polymtl.ca/climate-dialogue-climat/>

INITIATIVE DE MODÉLISATION ÉNERGÉTIQUE



Pour une deuxième année, l'Institut de l'énergie Trottier pilote l'Initiative de modélisation énergétique (IME) qui a pour objectif d'aider à structurer la communauté canadienne de modélisation énergétique afin qu'elle puisse mieux répondre aux besoins des décideurs, tant au gouvernement que dans l'industrie. Ce mandat a été attribué à l'IET par Ressources naturelles Canada.

Comité exécutif

Louis Beaumier, IET

Normand Mousseau, IET

Madeleine McPherson, Université de Victoria

À Polytechnique, Francesco Ciari, professeur adjoint au Département des génies civil, géologique et des mines, est également associé au projet grâce à son implication au comité consultatif.

SÉRIE DE WEBINAIRES

En dépit de la pandémie, l'IME a souhaité maintenir les liens en créant des occasions de dialogue et d'échange avec son réseau. En janvier et février 2021, quatre webinaires ont ainsi été organisés :

La boîte à outils Spine : Son origine et ses applications

Spine Toolbox est un logiciel multiplateforme permettant de gérer les données et les flux de travail pour les tâches de modélisation, en particulier pour la modélisation des systèmes énergétiques. Juha Kiviluoma, scientifique principal (Centre de recherche technique VTT de Finlande) a expliqué pourquoi l'outil a été conçu et comment il peut aider les modélisateurs à être plus efficaces, transparents et collaboratifs.

Démonstration de Spine Toolbox

Cette présentation constituait une démonstration du logiciel Spine Toolbox. Y a été montré comment importer des données; comment ajouter ses propres outils de traitement au flux de travail; comment les données peuvent être visualisées et modifiées; comment fonctionne le système de scénario et comment différents outils peuvent être utilisés à partir de la base de données centrale.

FRANTIC: Risque financier et impact du changement climatique

Jean-François Mercure (Université d'Exeter) et Gregor Semieniuk (Université du Massachusetts à Amherst) ont présenté de nouveaux modèles de macroéconomie et de réseaux financiers pour évaluer les risques et les conséquences liés au changement climatique. Ces modèles faisaient partie du projet FRANTIC qui visait à développer une caractérisation, une quantification et une communication robustes des risques de transition liés au climat.

Données d'électricité en temps réel

Simon Préfontaine (Ressources naturelles Canada) a discuté des efforts récents visant à améliorer l'accès aux données à haute fréquence et en temps opportun sur l'électricité au Canada grâce au projet de données d'électricité en temps réel (RTED). Il a également offert un aperçu du travail effectué à ce jour ainsi que des prochaines étapes.

NOUVELLE SUITE D'OUTILS

Le 31 mars 2021, l'IME dévoilait une nouvelle suite d'outils.

Les modèles des impacts économiques des initiatives d'électrification (EI2) sont des outils conviviaux qui permettent d'analyser facilement les emplois et les impacts économiques des projets canadiens liés à l'électrification. L'objectif est de fournir aux différents acteurs du secteur de l'énergie un outil d'aide à la décision simple et flexible adapté au contexte des provinces et territoires canadiens. Deux outils sont offerts : un pour les projets éoliens à grande échelle et un pour les services d'efficacité énergétique résidentiels. D'autres sortiront bientôt!

INITIATIVE DE MODÉLISATION ÉNERGÉTIQUE

DEUXIÈME PHASE DE PROJETS FINANCÉS DANS TOUT LE PAYS

L'IME a lancé un appel de projets en octobre 2020. Plus de 30 soumissions d'un large éventail de modélisateurs de systèmes énergétiques canadiens ont été reçues, démontrant ainsi la diversité sectorielle de la communauté. Au total, 15 projets liés à la transformation du secteur de l'électricité et à sa contribution à la décarbonation de l'économie canadienne ont été sélectionnés pour un financement de 15 000 \$. Deux projets supplémentaires n'étaient pas éligibles à un financement, mais participent sur une base volontaire.

Sur le lot, trois projets sont portés par des membres de la communauté du campus :

Une méthode complète pour l'évaluation de l'énergie et des émissions des futurs scénarios de mobilité

Francesco Ciari, Ouassim Manout, Arsham Bakhtiari
Polytechnique Montréal

Électrification et décarbonisation en profondeur du système énergétique canadien avec les prosommateurs d'électricité

Elizaveta Kuznetsova, Miguel F. Anjos
Polytechnique Montréal, Université d'Édimbourg

Simulation de la technologie "e-highway" (autoroute électrique à caténaire) pour la décarbonisation du transport lourd sur l'axe A20-H401

Clara Kayser-Bril, Johanne Whitmore, Normand Mousseau,
Ramata Ba, Ashok Kinjarapu
CPCS, HEC Montréal, Université de Montréal

Les résultats de tous les projets ont été présentés, en anglais, dans le cadre d'une série de cinq webinaires ayant totalisé 391 connexions.

CAPTATIONS VIDÉO

22 MARS

Un ensemble de données normalisées en libre accès pour la décarbonisation du système énergétique du Canada

Madeleine McPherson, Université de Victoria

Tirer parti des outils *open source* pour produire un explorateur de scénarios pour la transition du système énergétique canadien

Mohammad Miri, Université de Victoria

Voies vers l'objectif d'énergie 100 % renouvelable de Regina d'ici 2050 grâce à une modélisation intégrée de l'offre et de la demande d'énergie

Robert Xu, Université de Victoria

Modélisation des innovations faibles en carbone du côté de la demande et de leur potentiel d'impact sur les systèmes énergétiques socio-techniques

Yuxu Zhao, Université York

24 MARS

Électrification et décarbonisation en profondeur du système énergétique canadien avec les prosommateurs d'électricité

Elizaveta Kuznetsova, Polytechnique Montréal

Application du modèle CityInSight pour évaluer les implications des voies de décarbonation profondes pour les réseaux électriques

Yuill Herbert, Sustainability Solutions Group

Électricité et systèmes d'énergie renouvelable au gaz pour la substitution des combustibles fossiles en Colombie-Britannique

Kevin Palmer-Wilson, Université de Victoria

Électrification des collectivités nordiques canadiennes, à l'aide de micro-réseaux à faibles émissions

Mehrdad Pirnia, Université de Waterloo

26 MARS

L'électricité au gaz pour activer les ressources renouvelables au Canada

Taco Niet, Université Simon Fraser

Explorer les conditions d'échec et de succès de la politique énergétique canadienne avec un modèle intégré d'émissions d'énergie

Jason R. Wang

Approches ouvertes et communes pour l'évaluation des facteurs d'émission marginaux : une étude de cas du réseau électrique de l'Alberta

Véronique Delisle, CanmetÉNERGIE

30 MARS

Examen de la valeur du mégaprojet du site C à l'aide d'un modèle de programmation linéaire de l'infrastructure et de la production d'électricité de l'Ouest canadien avec un investissement endogène

Nic Rivers, Université d'Ottawa

BC Nexus Model : Impacts de l'électrification sur les terres et les ressources en eau jusqu'en 2050

Nastaran Airanpoo, Université Simon Fraser

Rôle des voies d'approvisionnement en hydrogène dans l'atténuation des GES au Canada

Robin White, ECCC

1^{ER} AVRIL

Explorer l'espace de solution presque optimal d'un modèle d'optimisation du système énergétique pour explorer des voies de décarbonisation coûteuses mais techno-économiquement diverses pour l'Ouest canadien

Cameron Wade, Université de Victoria

Une méthode complète pour l'évaluation de l'énergie et des émissions des futurs scénarios de mobilité

Francesco Ciari, Polytechnique Montréal

Simulation de la technologie "e-highway" (autoroute électrique à caténaire) pour la décarbonisation du transport lourd sur l'axe A20-H401

Clara Kayser-Bril, CPCS

PROGRAMME DE SUBVENTIONS À LA RECHERCHE

L'IET subventionne des projets de recherche dans le domaine énergétique conduits par des professeurs de Polytechnique Montréal.

Présenté chaque automne sous forme d'appel à projets, les récipiendaires du programme se voient accorder un financement maximal de 150 000 \$ par projet, réparti sur trois ans.

Quatre projets recevaient du financement durant l'année 2019-2020.

En plus du développement de nouvelles connaissances scientifiques et technologiques dans le domaine de l'énergie, le programme vise certains objectifs en lien avec la mission de l'IET, à savoir :

Appuyer le développement de solutions durables

Contribuer à assurer l'avenir énergétique de la planète

Favoriser la compréhension systémique des enjeux énergétiques

MÉTAFENÊTRES INTELLIGENTES

PROJET FINANCÉ DEPUIS L'AUTOMNE 2018

ÉQUIPE

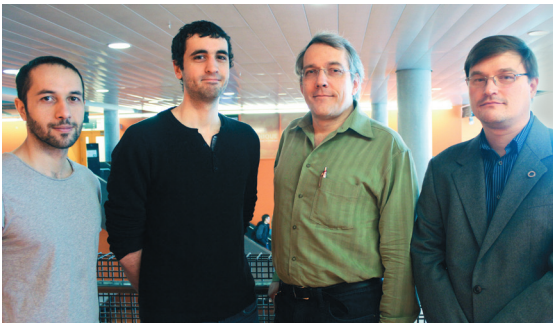
Christophe Caloz

Génie électrique,
Polytechnique Montréal
(chercheur principal)

Maksim Skorobogatiy

Génie physique,
Polytechnique Montréal

Ce projet de recherche vise le développement de fenêtres thermiquement optimales, dites métafenêtres. Il promet de révolutionner la technologie des fenêtres, en augmentant considérablement leur efficacité énergétique.



PRÉSENTATION DU PROJET

La chaleur peut se propager de trois façons distinctes : par convection, par conduction ou par rayonnement électromagnétique. Ici, c'est le phénomène du rayonnement qui intéresse l'équipe de recherche. N'ayant encore jamais été intégrée dans les technologies de fenêtrage, la maîtrise de ce type de transfert thermique pourrait conduire à des économies en chauffage et en climatisation de plus de 20 %. Les métafenêtres ne se limiteront pas à la simple rétention de la chaleur à l'intérieur : elles en puiseront à partir de l'extérieur.

Les chercheurs convoitent en effet un réservoir d'énergie propre, jusqu'ici inexploité. Ce réservoir tire sa source d'un rayonnement électromagnétique, appelé rayonnement du corps noir. Lié à la température des objets, ce dernier comprend une importante quantité d'énergie dans l'infrarouge. Il provient essentiellement du soleil ainsi que des masses physiques environnantes.

L'innovation de ce projet s'appuie sur le développement de nouvelles métasurfaces, à savoir des matériaux artificiels bidimensionnels. Parmi les propriétés de ces matériaux, un potentiel de contrôle du rayonnement thermique naturel a été observé, et ce, avec un raffinement sans précédent.

AVANCEMENT DES TRAVAUX

L'équipe du professeur Caloz a poursuivi ses efforts portant sur l'étude de métasurfaces nonréciproques. Une étude théorique de plusieurs types de métasurfaces nonréciproques a été effectuée et a établi les conditions requises pour réaliser différentes opérations nonréciproques. Ces opérations incluent des métasurfaces bianisotropes offrant les fonctionnalités suivantes : 1) gradients de phase nonréciproques, 2) circulation (extension de l'isolation à des directions obliques), 3) rotation de Faraday localisée en réflexion et en transmission, 4) isolations réfléchives gyrotropes et nongyrotropes, et 5) surface transmissive d'un côté et réfléchive de l'autre.

Parallèlement, l'équipe du professeur Skorobogatiy a étudié les techniques de fabrication pour la mise en forme de matériaux thermofonctionnels (tels que l'oxyde de titane, etc.) en panneaux et éléments structurés pour leur utilisation éventuelle dans les fenêtres actives et passives optimisées thermiquement. En plus, un système de mesure a été assemblé pour effectuer la caractérisation optique des matériaux thermofonctionnels dans la gamme spectrale IR moyen.

RÉDUCTION DE L'EMPREINTE CARBONE DE L'AGRICULTURE

PROJET FINANCÉ DEPUIS L'ÉTÉ 2019

ÉQUIPE

Étienne Robert

Génie mécanique,
Polytechnique Montréal
(chercheur principal)

Klas Engvall

Génie chimique,
KTH Stockholm, Suède

Jamal Chaouki

Génie chimique,
Polytechnique Montréal

Philippe Pasquier

Génies civil, géologique et des mines,
Polytechnique Montréal

Ce projet de recherche se consacre à la réduction de l'empreinte carbone de l'agriculture, notamment par la conversion de la biomasse résiduelle en carburant pour la machinerie agricole.

PRÉSENTATION DU PROJET

Plusieurs tâches en milieu agricole sont associées à une forte demande en énergie, telles que le chauffage des serres, le séchage des grains ou l'utilisation de machinerie. À l'heure actuelle, la majorité de ces besoins est comblée par l'utilisation de combustibles fossiles. Paradoxalement, les ressources en énergie renouvelables sont abondantes en milieu agricole, dont la biomasse résiduelle et l'énergie solaire. En considérant que les grandes cultures (maïs ou céréales à paille) génèrent entre 5 et 20 tonnes/ha/an de biomasse résiduelle, l'agriculture peut faire plus que combler ses propres besoins.

Le projet vise le développement d'outils décentralisés pour la conversion thermochimique de la biomasse résiduelle en hydrocarbures liquides adaptés au transport, par exemple en alcool ou en DME (diméthyléther). L'approche privilégiée dans ce projet est polyvalente en termes d'intrants et de combustible produit. Il s'agit de la gazéification de la biomasse, suivi du nettoyage du gaz de synthèse produit et par la conversion catalytique en HC liquide. Les études réalisées dans le cadre d'implantation couplées à des serres révèlent également un potentiel de production de chaleur, de CO₂ et d'électricité. Pour cette raison, les installations de conversion d'énergie considérées ici sont dites de polygénération.

AVANCEMENT DES TRAVAUX

Dans le cadre de la deuxième année de financement, d'importants progrès ont été enregistrés pour les trois chantiers du projet : 1) le système de conversion de la biomasse, 2) le nettoyage du gaz synthèse et 3) le stockage d'énergie thermique dans les serres.

Du côté de la conversion thermochimique, les travaux de simulation du doctorant Elie Antar ont fait l'objet d'une publication scientifique dans la revue *Biomass Conversion and Biorefinery*. L'approche de modélisation qu'il a mise en place est dorénavant étendue à la simulation de systèmes visant la production de méthane. Il étudie par ailleurs la stabilité de la combustion du gaz résiduel obtenu à la suite de la conversion partielle de la biomasse en biocarburants à valeur ajoutée. Dominic Rivest, étudiant à la maîtrise, travaille quant à lui à quantifier le potentiel économique de ces systèmes de conversion.

La doctorante Yao Zhang a complété un jeu de données sur la formation de la suie dans un mélange de biogaz brûlés dans un écoulement avec rotation. Ces travaux sont requis pour permettre l'étude de l'élimination des goudrons par oxydation partielle dans cette même configuration d'écoulement avec rotation. Enfin, Marianne Perron, étudiante à la maîtrise, a amorcé son travail de modélisation pour le stockage d'énergie thermique dans les serres. Elle modélise d'abord le stockage à court terme, tel qu'il a été implanté aux Serres Excel, partenaire industriel du projet. Pour bien capturer la nature des échanges thermiques en présence, Marianne va incorporer à son modèle l'approche de simulation thermochimique développée par son collègue Elie Antar (en entrée), de même que les besoins énergétiques de la serre (en sortie). Pour ce dernier point, elle collabore avec le groupe de recherche du professeur Michaël Kummert.



L'ÎLE VIRTUELLE – MODÈLE ÉNERGÉTIQUE URBAIN DE L'ÎLE DE MONTRÉAL

PROJET FINANCÉ DEPUIS L'HIVER 2020

ÉQUIPE

Michaël Kummert

Génie mécanique,
Polytechnique Montréal
(chercheur principal)

Christoph Reinhart

Architecture,
Massachusetts Institute of Technology

Timur Dogan

Architecture,
Cornell University

Ce projet de recherche vise à développer un modèle dynamique géoréférencé de tous les bâtiments de l'île de Montréal sur lequel pourront s'appuyer des scénarios de décarbonation.

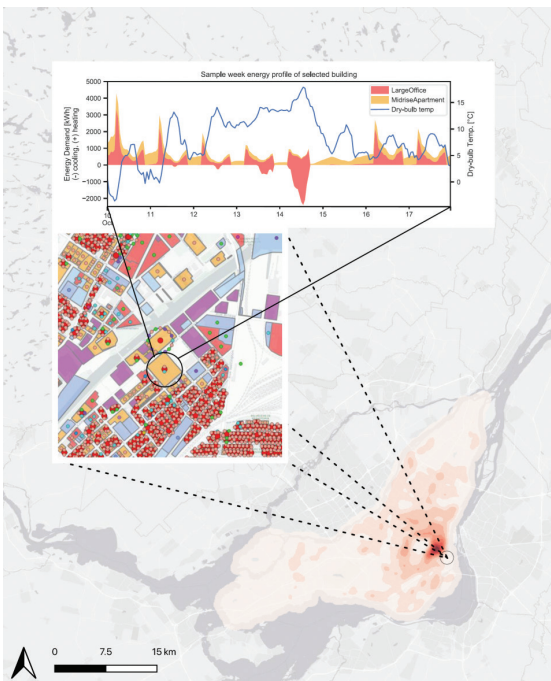
PRÉSENTATION DU PROJET

L'objectif du projet est de fournir aux différentes parties prenantes un outil de Modélisation Énergétique Urbaine des Bâtiments (MEUB) à l'échelle de l'île de Montréal. Ce modèle dynamique et géoréférencé permettra notamment d'évaluer différents scénarios de décarbonation des bâtiments en prenant en compte les effets sur les pointes de demande électrique et les enjeux de résilience énergétique.

À travers cet outil, l'objectif de l'équipe est également de faire prendre conscience aux parties prenantes de l'importance de la modélisation énergétique à une échelle intermédiaire entre les modèles détaillés de bâtiments individuels et les modèles des flux énergétiques à l'échelle provinciale ou nationale, et de combler, au moins partiellement, un manque de données pour établir ces modèles.

AVANCEMENT DES TRAVAUX

Pendant la première année du projet, l'équipe de recherche a d'abord visé à établir une base de données des bâtiments sur l'île, qui est représentée ici sous forme de carte. Chaque bâtiment est signalé par une empreinte au sol, une hauteur et un ou plusieurs types d'occupation. Ces informations sont utilisées pour générer un modèle énergétique qui vise à estimer le profil de consommation énergétique (électricité et gaz) des bâtiments avec un pas de temps horaire. Les modèles peuvent être calibrés à partir de données de bâtiments individuels et de données agrégées par quartier ou arrondissement.



DÉVELOPPEMENT ÉCORESPONSABLE D'UNE BATTERIE GRAPHÈNE-SOUFRE

PROJET FINANCÉ DEPUIS L'ÉTÉ 2020

ÉQUIPE

Alain Rochefort

Génie physique,
Polytechnique Montréal
(chercheur principal)

Richard Martel

Chimie,
Université de Montréal

Mickaël Dollé

Chimie,
Université de Montréal

Ce projet de recherche vise à développer les connaissances requises à la fabrication de batteries lithium-ion peu coûteuses, transportables et largement fondées sur l'utilisation de matériaux dérivés de manière durable à partir de sources naturelles facilement disponibles.

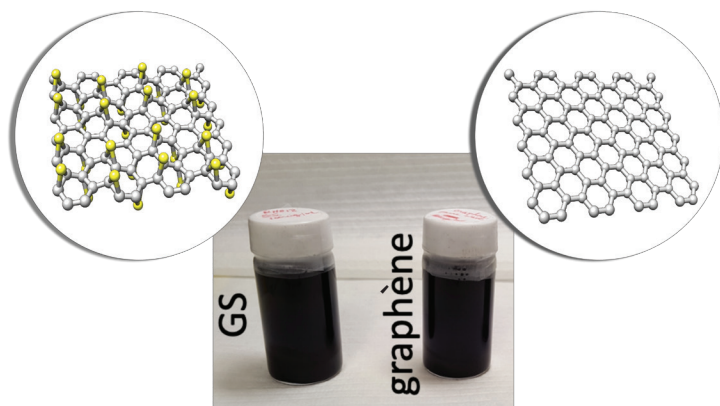
PRÉSENTATION DU PROJET

Les dispositifs de stockage de l'énergie occuperont une place prépondérante dans le processus de transformation énergétique et serviront de moteurs technologiques pouvant assurer une transition réaliste vers une réduction massive des gaz à effet de serre. Les dispositifs actuels de stockage d'énergie (batteries au Pb, Li-ion, Ni-Cd, etc.) sont toutefois chargés d'ingrédients toxiques, coûteux et produits selon des procédés énergivores. Ces derniers nécessitent souvent des éléments lourds ou peu abondants dans la croûte terrestre.

Par conséquent, il existe un besoin de plus en plus urgent pour développer de nouvelles générations de batteries performantes pouvant être fabriquées de manière écoresponsable avec des matériaux légers, abondants et peu dommageables pour l'environnement. Ce projet mise sur la découverte récente d'un matériau, le graphène-soufre (GS) et vise à élaborer un programme de recherche original sur le stockage d'énergie avec ce composé.

AVANCEMENT DES TRAVAUX

L'objectif principal de ce projet est de développer les connaissances sur les propriétés redox du nouveau matériau graphène-soufre (GS) en présence de lithium (Li) et de créer un prototype de batterie avec des électrodes de GS, selon une architecture standard semblable à celle des dispositifs Li-ion rechargeables. Au cours de la dernière année, malgré les contraintes liées à la pandémie, l'équipe a réalisé des progrès remarquables dans le contrôle de la synthèse du GS, ainsi que sa caractérisation principalement à l'aide de la spectroscopie Raman. L'équipe peut dorénavant proposer des structures stables de graphène auxquelles elle greffe diverses quantités de soufre et pour lesquelles les chercheurs souhaitent corroborer la structure du GS avec des fréquences de vibration C-S obtenues expérimentalement et validées théoriquement. Des études préliminaires de l'influence du S dans le GS sur le processus de diffusion du Li dans le matériau ont également été effectuées. L'un des constats est que le S augmente la barrière de diffusion du Li et que le GS conserve son intégrité structurale dans le processus. Le projet peut maintenant passer à la phase des mesures électrochimiques.



PROGRAMMES D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

GÉNIE ÉNERGÉTIQUE

Polytechnique Montréal propose des cursus intégrés dans le domaine de l'énergie sous forme de maîtrise modulaire (45 crédits) ou de DESS (30 crédits).

L'objectif est de former des diplômés qui auront une compréhension globale des problématiques liées à l'avenir énergétique de la planète, ainsi que des technologies disponibles pour relever les défis auxquels la société aura à faire face, au cours des prochaines décennies.

Cinq options sont offertes :



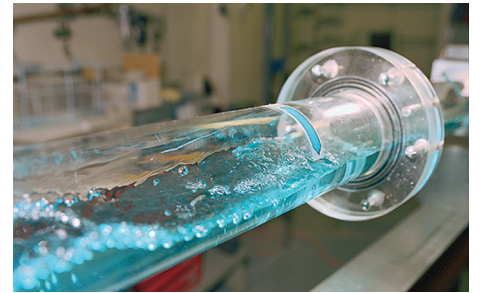
EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE
DANS LES BÂTIMENTS



SYSTÈMES ET RÉSEAUX
ÉNERGÉTIQUES INTELLIGENTS



ÉNERGIE HYDROÉLECTRIQUE



GÉNIE NUCLÉAIRE



ÉNERGIES RENOUVELABLES

REVUE DE PRESSE

Le Devoir / [Pour une relance indissociable de la crise climatique](#)

Agence Science-Press / [Crises : un effet ponctuel sur le climat](#)

Radio-Canada / [L'industrie du charbon espère un nouveau souffle en Alberta](#)

TVA / [Le coût de l'essence est plus élevé dans l'est de la province](#)

Le Devoir / [Le marché du carbone plombé par la pandémie](#)

Acadie nouvelle / [Higgs est prêt à investir rapidement dans le nucléaire](#)

Le Devoir / [Le gouvernement Legault ne financera pas seul GNL Québec](#)

La Presse / [Projet de loi sur la gouvernance climatique : des changements majeurs toujours nécessaires](#)

La Presse / [Nouveau plan vert de Québec : “complètement insuffisant”](#)

Radio-Canada / [Doit-on soutenir l'industrie pétrolière?](#)

TVA / [L'essence n'est pas donnée dans l'Est de la province](#)

Radio-Canada / [Quel est l'impact environnemental des chaufferettes de terrasses?](#)

Radio-Canada / [Le plan vert de la CAQ](#)

Radio-Canada / [Réduction des GES du Québec : “de la triche”?](#)

La Presse / [Une avancée significative du Canada estiment des experts](#)

TVA / [Bond du prix de l'essence à l'aube de la relâche](#)

Le Devoir / [Le gouvernement Legault finance un gazoduc d'Énergir](#)

Radio-Canada / [Prédictions sur la demande et la production de pétrole : comment s'y retrouver?](#)

Radio-Canada / [Une nouvelle cible pour la réduction des GES – Le 15-18](#)

La Conversation / [Projet de loi C-12 : le Canada doit s'inspirer des meilleures pratiques pour atteindre ses objectifs climatiques](#)

The Conversation / [Bill C-12: Canada must embrace best practices if it want to reach its greenhouse gas targets](#)

National Post / [Greenhouse gas targets](#)

Le Devoir / [Nos frigos, ces monstres pollueurs](#)

Radio-Canada / [Le Canada annonce sa nouvelle cible climatique afin de réduire les GES](#)

Le Devoir / [Il y a tant à faire pour améliorer le bilan énergétique du Québec](#)

Radio-Canada / [Quel est l'avenir du biocarburant en Saskatchewan?](#)

Radio-Canada / [Les métaux utilisés dans les piles : un enjeu géopolitique?](#)



iet.polymtl.ca

@EnergieTrottier

Publié par l'Institut de l'énergie Trottier
Coordination et rédaction :
Audrey Rondeau, Louis Beaumier
Conception graphique : Épicentre
Révision : Constance Forest