

RAPPORT ANNUEL 2025 – 2026

CENTRE DE RECHERCHE EN CONVERSION D'ÉNERGIE (CRCÉ)



A) BILAN

Le présent rapport propose un bilan des activités du centre de recherche en conversion d'énergie (*CRCÉ*) au sein de la Faculté d'ingénierie pour la période allant de juillet 2025 à juin 2026.

B) DESCRIPTION GÉNÉRALE

La demande énergétique mondiale augmente constamment sous l'effet du développement industriel et démographique. Actuellement, les productions d'électricité, de chaleur et de froid dépendent majoritairement des combustibles fossiles, une pratique néfaste pour l'environnement. Par ailleurs, ces combustibles constituent la principale source d'énergie primaire utilisée dans l'industrie. Malgré les initiatives visant à promouvoir des alternatives plus durables, leur rôle demeure essentiel dans divers secteurs stratégiques.

Il est évident que l'usage des énergies fossiles est lié au réchauffement planétaire et à la détérioration de la couche d'ozone, des phénomènes qui ne font que s'aggraver. Il est donc primordial de mettre au point des modes de production d'énergie efficaces et non polluants. L'état actuel de notre planète exige une prise de conscience mondiale. Cela suscite un intérêt grandissant pour les sources d'énergie renouvelable, qui peuvent être intégrées à des systèmes énergétiques innovants afin d'atténuer le changement climatique et de décarboner le bilan énergétique.

Le Centre de recherche en conversion d'énergie (*CRCÉ*) a pour objectif de développer la thermodynamique appliquée aux systèmes énergétiques industriels. Ses travaux portent notamment sur les différents types de cycles organiques de Rankine (production d'électricité), les cycles de réfrigération avancée par éjectocompression et l'intégration de la technologie des tubes vortex. Le but est de fournir aux industriels des solutions de récupération et de valorisation des rejets thermiques, de la biomasse et de la géothermie. En s'appuyant sur des programmes numériques prédictifs, le centre vise à optimiser les procédés industriels afin de réduire les coûts énergétiques, de limiter l'empreinte carbone et de préserver l'environnement.

C) OBJECTIFS FIXÉS ET ATTEINTS EN 2025-2026

Le Conseil de l'Université de Moncton a adopté le Plan d'action climatique 2023-2028 qui vise une transition écologique ambitieuse à l'échelle institutionnelle. C'est dans cette optique que le Centre de recherche en conversion d'énergie (*CRCÉ*) a pris l'initiative de proposer des modifications aux installations existantes, afin de remplacer l'usage du gaz naturel de l'un des générateurs de vapeur du campus. Dans le

cadre de cette transition énergétique, la direction du centre est entrée en contact avec la compagnie canadienne (*ACME-Montréal*), qui propose de remplacer la chaudière au gaz naturel (*n° 4*) par son modèle électrique à vapeur (*ACME 24SC-150-1890-600-3-60*), d'une puissance de (*1 890 kW*). Cet appareil est alimenté en (*600 V*) triphasé et est équipé d'éléments chauffants offrant une excellente résistance à la corrosion et à l'entartrage, une grande stabilité mécanique à haute température ainsi qu'une longévité remarquable. De plus, l'intégration d'un composant électronique de puissance (*SCR*) permet de réguler précisément l'électricité envoyée aux éléments chauffants. Cette technologie élimine le besoin de cheminée, supprimant ainsi les pertes thermiques et les fuites de méthane. Contrairement au gaz, cette solution qui fonctionne avec une efficacité proche de (*100 %*) offre un excellent rendement à charge partielle et s'adapte rapidement aux variations de la demande.



960 kW @ 480 V Steam Boiler for Ferguson Enterprises, Newport, VA, USA

En exploitant l'électricité du Nouveau-Brunswick, ce système évite toute combustion fossile et garantit l'absence de toute émission directe de polluants sur le site du campus de Moncton. Malgré un investissement initial de (*405 538 \$ CAD*), cette conversion permet une réduction immédiate et durable des gaz à effet de serre. À long terme, ce projet de décarbonation oriente solidement l'institution vers l'atteinte de ses cibles de carboneutralité. La proposition pour le remplacement de la chaudière (*n° 4*) de la centrale thermique de l'Université de Moncton par une chaudière électrique a été reçue le 25 juin 2025.

Finalement, le gestionnaire des opérations des systèmes de bâtiments, M. R. Gilles, a mentionné lors d'un échange qu'un projet est actuellement en vigueur avec la firme (*MCW*) pour l'évaluation énergétique de la centrale thermique, et que l'intégration de la chaudière électrique proposée par le (*CRCÉ*) a été incluse dans leur étude.

D) MANDAT DU CENTRE

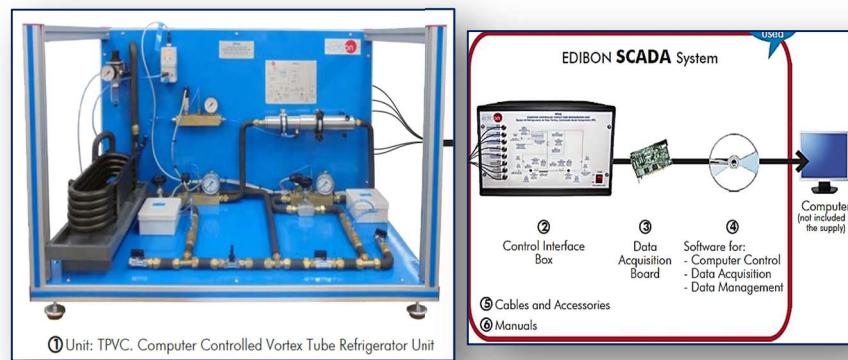
Le Centre de recherche en conversion d'énergie est un centre de pointe qui :

- Est voué au développement des systèmes énergétiques efficaces ayant des impacts positifs sur l'environnement;
- Vise à offrir un environnement de recherche dynamique et stimulant, à attirer des étudiant.e.s des cycles supérieurs et à collaborer avec des professeur.e.s des universités nationales et internationales;
- Vise à consolider le rôle de la Faculté dans un domaine prioritaire, stratégique et d'avenir : L'énergie et sa conversion liée à l'efficacité énergétique industrielle;
- Vise à favoriser le développement régional (industrie moderne et durable).

- Est ouvert à collaborer avec les professeur.e.s d'autres départements et d'autres campus de l'Université de Moncton ainsi qu'avec les industriels du secteur de l'énergie au Nouveau Brunswick.

E) RESSOURCES HUMAINES ET INFRASTRUCTURES DE RDC

- L'équipe de recherche est composée d'un professeur à l'Université de Moncton, d'un professeur de l'Université de Sherbrooke, d'un professeur de King Saud University, d'un professeur de Abdelmalek Essaadi ainsi que de stagiaires nationaux et internationaux.
 - **Directeur du Centre** : Mohammed Khennich, Ph. D. Prof. Agrégé (U. Moncton), Canada.
Champs de spécialisation : Thermodynamique appliquée, Technologie avancée de réfrigération et de chauffage (solaire, rejets thermiques, biomasse et géothermie), Optimisation des cycles organiques de Rankine (ORC), Intégration des éjecteurs et tubes vortex, Intégration énergétique des procédés.
 - **Professeur externe** : Mikhail Sorin, Ph. D., Prof. Titulaire (U. Sherbrooke), Canada.
Champs de spécialisation : Thermodynamique appliquée, efficacité énergétique industrielle, modélisation, réfrigération, valorisation de chaleur, économie d'énergie.
 - **Professeur externe** : Jamel Orfi, Ph. D., Professeur (King Saud U.), Arabie Saoudite.
Champs de spécialisation : Transfert de chaleur et de masse, dessalement et systèmes thermiques.
 - **Professeur externe** : Aziz Ouadoud, Ph. D., Professeur (U. Abdelmalek Essaadi), Maroc.
Champs de spécialisation : Interaction fluide structure, dynamique de fluide numérique (CFD).
 - **Stagiaires** : André Gallant (BRPC-Été 2025), Aya Madani Benjelloun (BRG-Mitacs-Été 2026).
- L'infrastructure de recherche est constituée principalement d'un local situé à la Faculté d'ingénierie (169 GI). Pour la recherche, un bureau, deux ordinateurs, une imprimante et des logiciels d'ingénierie qui sont mis à la disposition des étudiant.e.s de cycles supérieurs et des stagiaires.
- Le Département de génie mécanique a fait l'acquisition d'une unité de réfrigération à tube vortex. Ce banc d'essai permet d'étudier les caractéristiques des tubes vortex, qui sont des dispositifs thermodynamiques sans pièces mobiles capables de produire simultanément de l'air froid et de l'air chaud pour des applications de traitement de l'air en milieu industriel. Ce nouvel équipement sera utilisé dans les cours de conversion d'énergie, pour la recherche et sera mis à la disposition des stagiaires nationaux et internationaux. Le montant de l'acquisition s'élève à (32 212 \$CAD). La compagnie qui a livré cet équipement est en Espagne. Le (CRCÉ) est toujours en attente de certaines composantes. Pour son fonctionnement, il manque encore un ordinateur pour l'acquisition des données avec l'intégration des cartes graphiques spécifiques et un compresseur d'air adéquat.



- Un espace laboratoire a été désigné pour les activités du Centre de recherche en conversion d'énergie (CRCE). Cet espace a accueilli deux étudiants stagiaires, l'un est un étudiant canadien en baccalauréat en génie mécanique à notre Faculté d'ingénierie qui a obtenu une (BRPC) en été 2025 et qui a gradué en mai 2026. La deuxième étudiante nous vient du Maroc. Elle a obtenue une bourse de recherche Globalink de Mitacs pour participer à un stage de recherche et compléter son PFE en maîtrise.
- Le Centre est en train de consolider ses efforts et de chercher des fonds de recherche à travers diverses demandes (CRSNG, FINB, FCI, KCORC...) pour l'acquisition et l'installation d'un équipement de recherche en Cycles Organiques de Rankine (ORC), l'un des axes de recherche du professeur chercheur M. Khennich pour la génération d'électricité à partir des sources d'énergies renouvelables (*rejets thermiques, solaire, géothermie et biomasse*) en combinaison avec les pompes à chaleur à éjecteurs ou à tubes vortex.

F) ACTIVITÉS DE RDC RÉALISÉES EN 2025-2026

➤ Stages de recherche et projets principaux :

- **Supervision d'André Gallant**, étudiant en baccalauréat au Département de génie mécanique au campus de Moncton, Il a reçu une (BRPC) pour effectuer son stage de recherche pour la période allant du 28/04/2025 au 05/08/2025. Son projet de recherche s'intitule : « *Approches Thermodynamiques appliquées pour Réduction de la Consommation d'Énergie des Systèmes d'Air Comprimé et Amélioration de leurs Performances* »
- **Supervision d'Aya Madani Benjelloun**, actuellement étudiante en 2^e année du Master Énergétique et Énergies Renouvelables (MEER), à l'Université Abdelmalek Essaâdi – Faculté Polydisciplinaire de Larache (Maroc). Elle a obtenu une bourse de recherche Globalink de Mitacs pour poursuivre son stage de fin d'études de 2^e cycle dans le domaine de l'efficacité énergétique appliquée aux systèmes de réfrigération et de (CVCA). Le stage a débuté au Département de génie mécanique à l'Université de Moncton le 12/05/2026 et se terminera le 16/08/2026. Son projet de recherche s'intitule : « *Modélisation Numérique et Analyse Exergétique d'un Système de Conditionnement* »

d'Air (LDAC) Hybride couplé à un Tube Vortex pour l'Optimisation de la Régénération Thermique ».

➤ **Diffusion de la recherche :**

- Sarrafi, A., Khennich, M. (2025). Exergoeconomic Analysis of Tesla Turbine Integration CO2 Heat Pumps: Optimizing Sustainability via Transiting Exergy. *Proceedings of the Canadian Society for Mechanical Engineering International Congress, 32nd Annual Conference of the Computational Fluid Dynamics Society of Canada (CSME/CFD2025). Montreal, Quebec, Canada. (Accepté pour présentation).*
- Gallant, A., Khennich, M. Applied Thermodynamic Approaches for Reducing Energy Consumption and Improving the Performance of Compressed Air Systems, *2025 Atlantic Indigenous-Led Energy Symposium. October 28-30, 2025 | Moncton, NB.*
- Sarrafi, A., Khennich, M., Orfi, J., Ouadoud, A. (2026). Enhancing High Temperature Heat Pump through Thermodynamic Analysis and Machine Learning Techniques, *(Révisions en cours pour soumission).*

G) AUTRES ACTIVITÉS RÉALISÉES EN 2025-2026

➤ **Partenariats et collaborations :**

Le Centre de recherche en conversion d'énergie (CRCE) a été sollicité le 20 janvier 2026 par l'entreprise (HempTech Canada) et certains collaborateurs, puis le 13 février 2026 par le professeur Franco Berruti de l'Université Western (Ontario) afin d'initier une collaboration scientifique majeure au Nouveau-Brunswick. Ce partenariat universitaire et industriel se concentrera sur la recherche en explosion à la vapeur de la biomasse, une technologie de pointe permettant de prétraiter et de valoriser efficacement la biomasse locale comme les résidus agricoles ou de chanvre afin d'en optimiser le rendement énergétique et pour remplacer des sources d'énergie fossiles non renouvelables.

Cette initiative arrive à un moment crucial pour la province, alors qu'(Énergie NB) s'active à éliminer complètement le charbon de sa centrale thermique de Belledune d'ici 2030. En développant des combustibles propres capables de remplacer les énergies fossiles, ce projet apporte une réponse technique directe aux objectifs de décarbonation de la société de la Couronne, tout en positionnant fermement le (CRCE) comme un pilier de la transition énergétique et de la recherche appliquée dans la région. Le (CRCE) est actuellement en attente d'une réponse définitive pour formaliser cette collaboration.

➤ **Services à la collectivité :**

- **Comité de l'Assemblée Facultaire (2025-2026) :** Comité de santé et sécurité (g. m).

- **Directeur du Centre de Recherche en Conversion d'Énergie (CRCÉ)** (mandat de 3 ans : du 01 Juillet 2025 au 30 Juin 2028).
- **Membre du comité (DPR)** (Définition de projet de recherche) pour l'étudiant: Soroush Entezari, Université de Sherbrooke (2025) et future membre de jury pour soutenance de thèse de doctorat (évaluateur externe).
- **Évaluateur et membre de jury interne** pour la soutenance de thèse de doctorat du doctorant Senda Franck, Département de génie mécanique, Université de Moncton, (de 01/2026 au 03/2026).

H) FINANCEMENT

Obtention d'un montant total de **12 000 \$CAD** en subventions pour deux projets de recherche financés par le (CRSNG) et (MITACS).

I) ARRIMAGE DES ACTIVITÉS AVEC LA STRATÉGIE Cap sur l'avenir

Cette collaboration scientifique du (CRCÉ) s'inscrit pleinement dans la Stratégie **Cap sur l'avenir** de l'Université de Moncton en propulsant l'établissement comme un leader de la transition écologique et de la recherche d'excellence, grâce à ses partenariats avec (HempTech Canada) et l'(Université Western-Ontario). Au-delà de son impact régional avec (Énergie NB), le centre appuie concrètement la décarbonation locale du campus, notamment à travers le projet possible de remplacement du générateur de vapeur (n^o4) au gaz naturel par une installation électrique d'(ACME). En éliminant ainsi la combustion fossile directe pour réduire massivement les émissions de gaz à effet de serre, le (CRCÉ) allie recherche de pointe et modernisation des infrastructures, transformant le campus en un modèle concret de durabilité pour la province.

J) OBJECTIFS POUR L'ANNÉE 2026-2027

Le professeur M. Khennich agira à titre de coordinateur pour le projet de la modernisation de la centrale de production de vapeur au sein de l'Université de Moncton. Il a contacté au mois de juin 2025 le vice-président de l'entreprise canadienne (ACME Engineering Products), basée à Montréal. Les propositions techniques d'installation ont été reçues de la part de et acheminées au gestionnaire des opérations des systèmes de bâtiments du campus de Moncton, M. R. Gilles. Par ailleurs, la firme (MCW) travaille actuellement sur l'évaluation énergétique de la centrale thermique, et l'intégration de la chaudière électrique proposée par le (CRCÉ) a été incluse dans leur étude globale. L'un des autres objectifs visés est de coordonner l'intégration de nos étudiant.e.s en génie mécanique dans des stages au sein de la compagnie (ACME) au Québec.

M. Khennich, Ph. D.

Directeur, Centre de Recherche en Conversion d'Énergie (CRCÉ).