

RAPPORT ANNUEL 2024 – 2025

CENTRE DE RECHERCHE EN CONVERSION D'ÉNERGIE (CRCÉ)



A) BILAN

Le rapport présenté propose un bilan sur les activités du centre de recherche en conversion d'énergie (CRCÉ) au sein de la Faculté d'ingénierie pour la période : Juillet 2024 au Juin 2025.

B) DESCRIPTION GÉNÉRALE

La demande énergétique à travers le monde augmente constamment avec le développement industriel et démographique. Actuellement, la production d'électricité, de chaleur et du froid dépendent majoritairement de la combustion fossile, ce qui constitue une pratique néfaste pour l'environnement. Par ailleurs, elle constitue aussi une source majeure 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.

C'est évident, que les sources d'énergies fossiles sont reliées au réchauffement planétaire et la détérioration de la couche d'ozone et qui ne font que s'aggraver. Il est alors primordial de mettre au point des pratiques de production d'énergie non polluantes et efficaces. L'état actuel de notre planète a exigé une prise de conscience dans le monde entier. Ceci a entraîné un énorme intérêt pour d'autres sources d'énergies renouvelables qui peuvent être intégrées aux systèmes énergétiques innovants pour atténuer le réchauffement climatique et la décarbonation du bilan énergétique.

Le Centre de recherche a pour objectif de développer de la thermodynamique appliquée aux systèmes énergétiques industriels utilisant les différents types de cycles organiques de Rankine (génération d'électricité) et la réfrigération avancée par éjectocompression ou par la technique des tubes vortex. Le but est de mettre au profit des industriels des solutions de récupération et de valorisation de la chaleur résiduelle (fatale) afin d'améliorer leurs procédés, de réduire les coûts énergétiques, de respecter l'environnement et de leur offrir des programmes numériques prédictifs.

C) OBJECTIFS FIXÉS ET ATTEINTS EN 2024-2025

- Le conseil a adopté le Plan d'action climatique 2023-2028 de l'Université de Moncton qui vise une transition écologique ambitieuse à l'échelle institutionnelle. C'est dans cette optique que le Centre en conversion d'énergie a pris une initiative de proposer des modifications au niveau de la chaudière existante afin d'utiliser une technologie qui utilise l'énergie renouvelable au lieu du gaz naturel dans l'un des générateurs de vapeur existants. Une entreprise américaine Hydrogen Technologies a été approchée pour implémenter leur chambre de combustion dynamique (DCC™) basée sur l'électrolyse de l'eau pour générer ensuite de la vapeur sans avoir recours à l'énergie fossile polluante.

- L'équipe formée de Pauline Roy, Mohammed. Khennich, Gabriel Cormier, Gilles Richard, Andrés Chiasson ont tenu une réunion avec les représentants de l'entreprise Hydrogen Technologies où elle a pu leur poser les questions discutées au bureau du vice-recteur à l'administration et aux ressources humaines. L'entreprise a fait parvenir une proposition révisée pour une étude de faisabilité à la suite des discussions. Cette étude coûterait 37 000 \$CAD, ce qui inclut le rabais institutionnel. La technologie était en mode-expérience. L'entreprise n'a pas de clients au Canada, ni aux États-Unis. Une chaudière a été installée en Californie en 2019. Cette année, cette même chaudière a été transférée au Colorado à une autre université. Quant aux coûts, ils indiquent 1 Million pour la chaudière et 1 Million pour l'électrolyseur. Il y aurait aussi les coûts reliés aux panneaux solaires si cette option était retenue. Notre groupe a recommandé de ne pas poursuivre ce projet avec Hydrogen Technologies, mais nous sommes restés disponibles pour en discuter davantage. Aucun échange n'a eu lieu après cette décision prise par notre équipe. L'équipe de ce projet trouvera d'autres procédés techniques pour la génération partielle de la vapeur sans avoir recours aux ressources d'énergie fossiles.

D) MANDAT DU CENTRE

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

- voué au développement des systèmes énergétiques efficaces qui ont des impacts positifs sur l'environnement;
- vise à offrir un environnement de recherche dynamique et stimulant, d'attirer des étudiant.e.s gradué.e.s et de 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*).
- ouvert à collaborer avec des professeur.e.s d'autres départements et d'autres campus de l'Université de Moncton.

E) RESSOURCES HUMAINES ET INFRASTRUCTURES DE RDC

- L'équipe de recherche est composée d'un professeur à l'Université de Moncton, un professeur de l'Université de Sherbrooke, un professeur de King Saud University, un professeur de Abdelmalek Essaadi et une étudiante à la maîtrise.
- 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).
 - Étudiante : Hana Benabdallah (*Premier dépôt de thèse effectué (04/2025) et en attente d'une soutenance de thèse*)
- 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 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 pouvant produire de l'air froid et l'air chaud simultanément pour des applications de traitement de l'air en milieu industriel. Ce nouvel équipement sera utilisé dans les cours de conversion d'énergie, la recherche et à la disposition des stagiaires nationaux et internationaux. Le montant de l'acquisition s'élève à 32 212 \$CAD. Pour son fonctionnement, il manque encore un ordinateur pour l'acquisition des données avec l'intégration des cartes graphiques spécifiques et un compresseur adéquat pour le fonctionnement..



- Un espace laboratoire a été désigné pour les activités du Centre de recherche en conversion d'énergie (CRCÉ). Cet espace a accueilli trois étudiants stagiaires à l'été 2024 et un étudiant stagiaire (BRPC) en été 2025. Le réaménagement du laboratoire et l'installation de nouveaux équipements, dont l'unité de réfrigération à tube vortex est en cours de préparation.
- Le Centre est entrain de consolider aussi les efforts et chercher des fonds de recherche à travers les 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 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 2024-2025

➤ Programmes et projets principaux :

- Supervision d'une étudiante en 2e année de BUT Hygiène Sécurité Environnement à l'Université de Bordeaux. Les étudiant.e.s accepté.es dans un stage à l'Université de Moncton viennent dans le cadre d'Expérience International Canada (EIC) et le bassin Stage coop International (SCI). Le stage a eu lieu du 15/04/2024 au 21/06/2024. Le projet de recherche s'intitule : « *Identification et Évaluation des Risques Environnementaux des Hydrofluoro-oléfines (HFO) utilisés dans les Pompes à Chaleur et les Cycles Organiques de Rankine ORC* ».
- Supervision d'un chercheur invité de l'université allemande : State Distance-Learning University (German name: FernUniversität Hagen). Le stage a eu lieu du 08/05/2024 au 31/07/2024. Le stagiaire a travaillé sur le projet suivant : « *Modélisation des systèmes photovoltaïques utilisant Matlab* ».
- Avril 2025 : L'étudiante en maîtrise, Hana Benabdallah, a terminé la rédaction de sa thèse et elle a effectué son premier dépôt. Les évaluations de tous les membres de jury ont été soumis de façon favorable au secrétariat. Les membres du jury sont d'accord sur la soutenance de thèse en attendant de trouver une date convenable qui satisfait tout le monde.

➤ Diffusion de la recherche :

- Khennich, M., Galanis, N., Sorin, M., Orfi, J., Sarrafi, A., & Dupuis, S. (2024). Thermodynamic analysis of a solar powered ejector cooling system. *International Journal of Thermofluids*, 24, 100960. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2024.100960>
- Sarrafi, A., & Khennich, M. (2024). Equivalent Temperature-Enthalpy Diagram for Two-Stage Compression Heat Pump with Tesla Turbine. In *Proceedings of the Canadian Society for Mechanical Engineering International Congress, 31st Annual Conference of the Computational Fluid Dynamics Society of Canada (CSME/CFD2024)*. Toronto, Ontario, Canada .
- 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).

G) AUTRES ACTIVITÉS RÉALISÉES EN 2024-2025

➤ Développement international : S. O.

- Services à la collectivité :
- Évaluateur pour Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. Manuscript: JMES-24-0654: « *Thermodynamic analysis of a novel combined cycle based on solar energy for power generation and water desalination* ».
- Évaluateur du livre: *Hydrogen and Bioenergy: Synergies for a Renewable Energy Future* (05/2024). Woodhead Series in Bioenergy-ELSEVIER. Book Proposal.
- Comité de l'Assemblée Facultaire (2024-2025) : Comité de santé et sécurité (g. m).
- Directeur du Centre de Recherche en Conversion d'Énergie (CRCÉ) (mandat de 3 ans : du 01 Juillet 2022 au 30 Juin 2025).
- Membre du comité DPR (définition de projet de recherche) pour l'étudiant: Soroush Entezari, Université de Sherbrooke (28.02.25).
- Membre du panel externe associé au sous-comité du Conseil de la langue française de l'Université de Moncton. (représentant de la Faculté d'ingénierie) : Développement d'un guide de rédaction inclusif.

H) FINANCEMENT

Obtention d'une subvention de 6000 \$CAD pour superviser un stagiaire de recherche au (CRCÉ). Le chercheur est un doctorant français choisi pour le programme Bourse de Recherche Globalink de Mitacs et FESR en collaboration avec le professeur Jean-Louis Dirion de l'Université IMT Mines Albi (France). Le titre du projet est : « *Utilisation de l'apprentissage machine dans les pompes à chaleur à hautes températures pour la prévision et l'optimisation des coûts énergétiques, de la performance et de l'efficacité exergétique* ». Le stage a eu lieu de 21/06/2024 au 22/09/2024.

I) OBJECTIFS POUR L'ANNÉE 2025-2026

Le professeur M. Khennich s'occupera du projet de la modernisation de la chaudière au sein de l'Université de Moncton comme coordinateur. Il a contacté au mois de juin dernier le vice-président d'une entreprise canadienne basée à Montréal qui fabrique des chaudières électriques, ACME Engineering Products (acmeprod.com). Le Centre CRCÉ va s'informer si leurs chaudières sont compatibles avec un système de panneaux solaires photovoltaïques, et s'ils ont de l'intérêt pour une collaboration possible avec l'Université de Moncton. L'objectif est d'éliminer graduellement la consommation du gaz naturel dans la chaudière et renforcer la réduction de l'empreinte carbone dans le campus. L'un des objectifs possibles est de coordonner aussi l'intégration de nos étudiant.e.s en génie mécanique dans des stages à la compagnie ACME au Québec.

M. Khennich, Ph. D.

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