

RAPPORT ANNUEL 2023 – 2024
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 2023 au Juin 2024.**

B) DESCRIPTION GÉNÉRALE

La demande énergétique à travers le monde augmente constamment avec le développement industriel et la population. 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. Avec le réchauffement planétaire et la détérioration de la couche d'ozone qui ne font que s'aggraver, il est 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 cycles organiques de Rankine (génération d'électricité) et la réfrigération avancée par éjectocompression (génération du froid et de chaleur). Le but est de mettre au profit des industriels des programmes numériques prédictifs et des solutions de récupération et de valorisation de la chaleur afin d'améliorer leur procédés et respecter l'environnement.

C) OBJECTIFS FIXÉS ET ATTEINTS EN EN 2023-2024

- Réalisation des travaux de recherche numériques sur l'amélioration du COP et l'efficacité exergetique d'une pompe à chaleur à CO₂ par intégration d'une turbine Tesla qui remplace la valve d'expansion.
- Développement d'un algorithme, utilisant le concept du diagramme de température équivalente-enthalpie, appliqué aux pompes à chaleur innovantes avec double compression a permis de visualiser graphiquement les pertes d'exergie dans toutes les composantes des cycles. Cette procédure a pour but d'aider l'ingénieur concepteur à développer des systèmes énergétiques plus efficaces.

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 et d'attirer des étudiant.e.s gradué.e.s et des professeur.e.s qualifié.e.s;
- vise à consolider le rôle de la Faculté dans un domaine prioritaire, stratégique et d'avenir : Énergie et Conversion (*énergies propres et renouvelables non polluantes*);
- vise à favoriser le développement régional (*industrie moderne et durable*).

E) RESSOURCES HUMAINES ET INFRASTRUCTURE 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 et une étudiante à la maîtrise.

- Directeur : Mohammed Khennich, Ph. D. Prof. Adjoint (U. Moncton)
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), Éjecteurs et tubes vortex, Intégration énergétique des procédés.*
- Professeur externe : Mikhail Sorin, Ph. D., Prof. Titulaire (U. Sherbrooke)
Champs de spécialisation : *Thermodynamique appliquée, efficacité énergétique industrielle, modélisation, réfrigération, revalorisation de chaleur, économie d'énergie.*
- Professeur externe : Jamel Orfi, Ph. D., Professeur (King Saud U.)
Champs de spécialisation : *Transfert de chaleur et de masse, dessalement et systèmes thermiques.*
- Étudiante : Hana Benabdallah (maîtrise en cours)

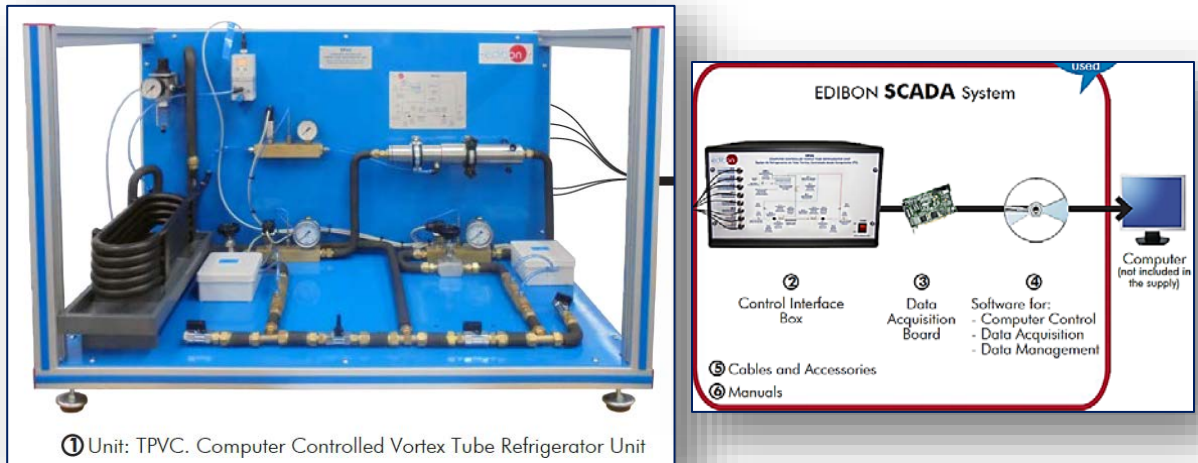
- L'infrastructure de recherche est constituée principalement d'un local situé à la Faculté d'ingénierie (169 G1). Pour la recherche, deux ordinateurs et une imprimante et des logiciels d'ingénierie sont mis à la disposition des étudiant.e.s de cycles supérieurs et des stagiaires.

- Le centre en conversion d'énergie a fait l'acquisition d'un équipement : Plateforme de formation et certification à la technologie solaire photovoltaïque GT-1000 avec un montant de 13 271 \$CAD.

- 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.



- Un espace laboratoire a été désigné pour les activités du Centre de recherche en conversion d'énergie (CRCÉ). Cet espace accueille trois nouveaux étudiants stagiaires à l'été 2024. Le réaménagement du laboratoire et l'installation de nouveaux équipements, dont l'unité de réfrigération à tube vortex sont en cours de préparation.
- Le centre est entrain de consolider les efforts à travers les demandes (*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 2023-2024

➤ Programme et projets principaux :

- L'hiver 2024, l'étudiante à la maîtrise, Hana Benabdallah a terminé sa première année et entame sa deuxième année de son projet de recherche qui porte sur l'analyse exergoéconomique basée sur l'exergie de transit et appliquée aux cycles aux pompes à chaleur géothermique. Les fluides organiques d'étude seront les hydrofluoroléfines (*HFO*) ayant des durées de vie atmosphériques courtes et un potentiel de réchauffement global (*GWP*) ainsi qu'un potentiel de destruction de la couche d'ozone (*ODP*) très faibles.
- Le travail du stagiaire Mario Dandurand (du 06.02.2023 au 05.06.2024) supervisé par le professeur M. Khennich a été complété avec la satisfaction de la compagnie



canadienne ClairiTech. Une subvention de 60 000 \$CAD a été obtenue avec la collaboration de Mitacs pour l'industrialisation de l'unité de ventilation hybride 200.

➤ Diffusion de la recherche :

- Khennich, M., Galanis, N., Sorin, M., Orfi, J., Dupuis, S. (2024). *Thermodynamic Analysis of a Solar Powered Ejector Cooling System*. (sera soumis à Sustainability).
- 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.*
- Benabdallah, H., Khennich, M., (2024). *Utilisation des Hydrofluoroléfines pour l'analyse exergetique d'un Tube Vortex non adiabatique*. 34ème Colloque des jeunes chercheuses et chercheurs 2024 (22 Mars 2024), Moncton (NB), Canada.

G) AUTRES ACTIVITÉS RÉALISÉES EN 2023-2024

➤ 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* (05/2024).
- Woodhead Series in Bioenergy-ELSEVIER. Book Proposal Form: Évaluateur du livre: *Hydrogen and Bioenergy: Synergies for a Renewable Energy Future* (05/2024).

H) FINANCEMENT

S. O.

I) OBJECTIFS POUR L'ANNÉE 2024-2025

Pour l'année 2024-2025, le centre de recherche en conversion d'énergie (CRCÉ) a obtenu une subvention de 6000 \$ sous forme d'une bourse de recherche Globalink de la part de MITACS pour le stagiaire postdoctoral Ahmadreza Sarrafi qui sera supervisé par le professeur M. Khennich. Le stage va durer 3 mois à partir du 21/06/2024. Le centre (CRCÉ) va travailler sur un projet de recherche en partenariat avec le professeur Jean-Louis Dirion de l'établissement français : IMT Mines Albi. Le projet de recherche est intitulé :

“ *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 exergetique* ”

- 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. Une entreprise américaine Hydrogen Technologies a été approchée pour implémenter leur chambre de combustion dynamique (*DCC™*) basée sur l'électrolyse de l'eau pour créer ensuite de la vapeur sans utiliser de l'énergie fossile polluante.

L'équipe formée de P. Roy, M. Khennich, G. Cormier, G. Richard, A. 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 possibilité à la suite des discussions. L'étude de faisabilité coûterait 37 000\$ CAD à réaliser, ce qui inclut le rabais institutionnel. La technologie reste expérimentale. L'entreprise n'a pas de clients au Canada, ni aux États-Unis à ce point-ci. Une chaudière a été installée en Californie en 2019. Cette année, cette même chaudière a été transférée au Colorado à une 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 est retenue. Notre groupe recommande de ne pas poursuivre ce projet avec Hydrogen Technologies, mais nous restons disponibles pour en discuter davantage.

M. Khennich va s'occuper de ce projet l'automne prochain pour contacter une entreprise canadienne basée à Montréal qui fabrique des chaudières électriques, ACME. 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 l'élimination de la consommation du gaz naturel dans la chaudière et la réduction de l'empreinte carbone dans le campus.

M. Khennich

Mohammed Khennich, Ph. D.

Directeur, Centre de Recherche en Conversion d'Énergie