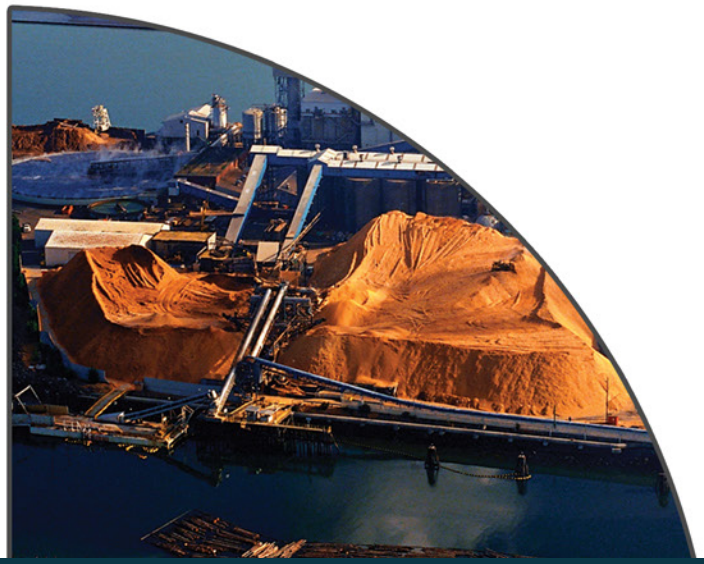
Ressources naturelles Canada

Natural Resources Canada



PLAN STRATÉGIQUE 2020

Groupe Optimisation des procédés industriels

CanmetÉNERGIE à Varennes

Canada

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et le nom de l'organisation qui en est l'auteur; et
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par Ressources naturelles Canada (RNCan) et que la reproduction n'a pas été faite en association avec RNCan ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf avec la permission écrite de RNCan. Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec RNCan à droitdauteur.copyright@rncan-nrcan.gc.ca.

Nous serions heureux de recevoir vos commentaires concernant ce document. Veuillez svp nous faire parvenir vos commentaires à :

CanmetÉNERGIE à Varennes
1615 boul. Lionel-Boulet, B.P. 4800
Varennes, QC J3X 1S6
Canada

Pour de plus amples renseignements :

Téléphone : 1 (450) 652-4621
Télécopieur : 1 (450) 652-5177
Site web : www.rncan.gc.ca
Courriel : proc-int@rncan-nrcan.gc.ca

No. de cat. : M154-79/2014F-PDF
ISBN: 978-0-660-22392-6

Cette publication, diffusée à des fins didactiques, ne reflète pas nécessairement le point de vue du gouvernement du Canada. De plus, pour ce qui est de son contenu, le gouvernement du Canada, ses ministres, ses fonctionnaires et ses employés ou agents n'offrent aucune garantie et n'assument aucune responsabilité.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le Ministre de Ressources naturelles Canada, 2014.

Table des matières

Aperçu de notre stratégie **1**

Le défi **2**

Notre approche **4**

Programme Optimisation des procédés industriels **5**

Activités de recherche et développement **7**

Programme de gestion de la chaleur 8

Programme de cogénération 14

Programme de bioraffinage 21

Sensibilisation et renforcement des capacités **27**

Stratégie 29

Sensibilisation et communication 30

Identification d'opportunités, sélection et gestion de projets **34**

Analyse de marché **35**

Références **38**

Liste des figures

Figure 1 : Programme Optimisation des procédés industriels – Horizon 2020 1

Figure 2 : Enjeux et défis typiques des usines 2

Figure 3 : Approche de création de la valeur 4

Figure 4 : Nos produits et services 6

Figure 5 : Consommation et récupération d'énergie dans les sites industriels 9

Figure 6 : Approche intégrée pour la gestion efficace de la chaleur 10

Figure 7 : Exemple illustrant les gains d'efficacité de la cogénération 15

Figure 8 : Approche générale pour des systèmes de cogénération très efficaces... 17

Figure 9 : Voies d'innovation vers les bioraffineries 22

Figure 10 : Bioraffinage intégré – Extraire plus de valeur des ressources de biomasse 23

Figure 11 : Logiciels d'analyse 28

Figure 12 : Programme de transformation du marché – Notre approche 29

Figure 13 : Solutions pour l'optimisation des procédés industriels 30

Figure 14 : Comment nous atteignons l'excellence dans l'innovation. 34

Figure 15 : Consommation d'énergie secondaire par secteur au Canada 36

Figure 17 : Consommation d'énergie secondaire industrielle au Canada 37

Figure 18 : Émissions de GES industrielles au Canada 37

Aperçu de notre stratégie

PROGRAMME OPTIMISATION DES PROCÉDÉS INDUSTRIELS – HORIZON 2020

STRATÉGIES

Gestion optimale des ressources :
Énergie, eau, biomasse, rejets et sous-produits

RÉDUIRE	RÉ-UTILISER	REVALORISER
À la source	Sans transformation	À l'aide de technologies de transformation

APPROCHE

Prioriser les procédés énergivores	Conduire des activités de R-D transversales	Développer des systèmes intelligents d'aide à la décision	Conduire des activités de déploiement
• Pâtes et papiers • Chimie • Raffinage du pétrole • Fer et acier • Agro-alimentaire	• Intégration des procédés • Minimisation des rejets thermiques • Optimisation des systèmes de cogénération • Implantation de technologie de bioraffinage • Gestion de l'eau	• Développement logiciel • Analyse technico-économique • Détection de fautes et diagnostic • Évaluation des technologies • Analyse d'opportunités	• Information et visites d'usine • Démonstration et validation technologique • Formation et entraînement • Support technique

IMPACTS D'ICI 2020

- Réduire la consommation d'énergie de 60 PJ par année
- Réduire les émissions de GES de 3,5 MT de CO_2 équivalent par année
- Créer 2,5 G $ d'activités économiques
- Aider à accroître la profitabilité de l'industrie de 500 M $ par année
- Réduire les pertes de production et créer de nouvelles opportunités de mise en marché
- Former 1 000 ingénieurs

Figure 1 : Programme Optimisation des procédés industriels – Horizon 2020

Le défi

Le défi pour le Canada consiste à développer une approche conciliant les impératifs socio-économiques et environnementaux dans la gestion de l'énergie du secteur industriel.

Le développement durable étant un nouveau pilote de l'industrie, le défi ultime pour l'optimisation des procédés industriels à grande échelle est de concilier simultanément des critères de prises de décision, notamment les aspects économiques, environnementaux et sociaux (voir la **figure 2**). En augmentant considérablement la productivité des ressources naturelles grâce à des changements fondamentaux à la fois dans la conception et l'opération des procédés, l'industrie peut réduire le gaspillage de l'énergie, de l'eau, des matériaux et d'autres ressources, et ainsi créer davantage de valeur et améliorer sa compétitivité. Cela représente une occasion d'affaire importante pour l'industrie canadienne qui nécessite toutefois de comprendre en profondeur l'impact de ces changements sur l'ensemble des opérations de l'entreprise.

Environnement
- Réduire les pertes
- Réduire les émissions
- Réduire la consommation d'eau
- Réduire la contamination de l'eau
- Rencontrer la réglementation

Économie
- Accroître la productivité
- Réduire les coûts d'opération
- Améliorer l'efficacité
- Gérer l'énergie
- Améliorer la performance des systèmes utilitaires
- Rencontrer les spécifications de production
- Réduire les coûts d'investissement et d'entretien

Social
- Consolider l'économie locale
- Créer et maintenir l'emploi
- Rencontrer de nouvelles directives corporatives

Figure 2 : Enjeux et défis typiques des usines

Notre proposition de valeur consiste à fournir aux secteurs industriels canadiens des outils ainsi que des connaissances favorisant une approche de conception et d'opération globale des procédés afin d'améliorer leur efficacité, d'accroître leur rentabilité et de réduire leur empreinte environnementale.

« Une approche globale est essentielle pour maximiser les avantages des technologies de l'énergie et gérer efficacement l'innovation énergétique. Cette approche devrait être soutenue par les données et les capacités intellectuelles nécessaires à l'analyse des systèmes énergétiques. »[1]

« L'optimisation des procédés industriels peut économiser jusqu'à 50 % de la consommation énergétique dans l'industrie canadienne, qui représente à elle seule 32 % de la consommation énergétique totale au pays, tout en réduisant les impacts environnementaux. »[2]

---

[1] RESSOURCES NATURELLES CANADA. « Construire des alliances puissantes – Priorités et orientations en sciences et en technologies énergétiques au Canada ». Rapport du Groupe consultatif national sur les sciences et technologies relatives à l'énergie durable. Bureau de recherche et de développement énergétiques. 2006, p. 9.

[2] RESSOURCES NATURELLES CANADA. « Opportunities for Canadian Energy Technologies in Global Markets ». [Document électronique]. Rapport de McKinsey & Company. 2012. http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/files/pdf/2013/McK-Report-eng.pdf

Notre approche

Le programme Optimisation des procédés industriels développe, gère et met en oeuvre un portefeuille robuste d'activités qui répond aux exigences industrielles à travers le cycle de développement des technologies (voir la figure 3).

- Les projets de R-D à fort potentiel d'impact sont à la base du programme Optimisation des procédés industriels. Nos efforts sont équilibrés par rapport aux risques et délais possibles, en plus d'être alignés avec les besoins et les priorités de l'industrie et du gouvernement.

- La validation et la vérification des avantages liées à nos développement, par l'entremise de phases pilote et de démonstration, aident les nouvelles technologies et les nouveaux outils à atteindre la commercialisation et leurs adoption par l'industrie.

- La diffusion des technologies et des meilleures pratiques d'efficacité énergétique est réalisée à travers une variété de mécanismes avec l'aide de l'Office de l'efficacité énergétique (OEE) de RNCan, des gouvernementaux provinciaux et des entreprises de services publics. Ces activités aident l'industrie à améliorer ses opérations à travers l'information et les outils d'aide à la décision, les formations et les partenariats stratégiques.

- Les efforts de renforcement des capacités font également partie intégrante de notre approche afin d'aider à renforcer les capacités et les compétences des décideurs à atteindre des résultats d'amélioration mesurables et durables. Le travail de collaboration avec les universités permet aussi à nos innovations d'être incorporées au processus d'apprentissage d'une nouvelle génération d'ingénieurs et de gestionnaires.

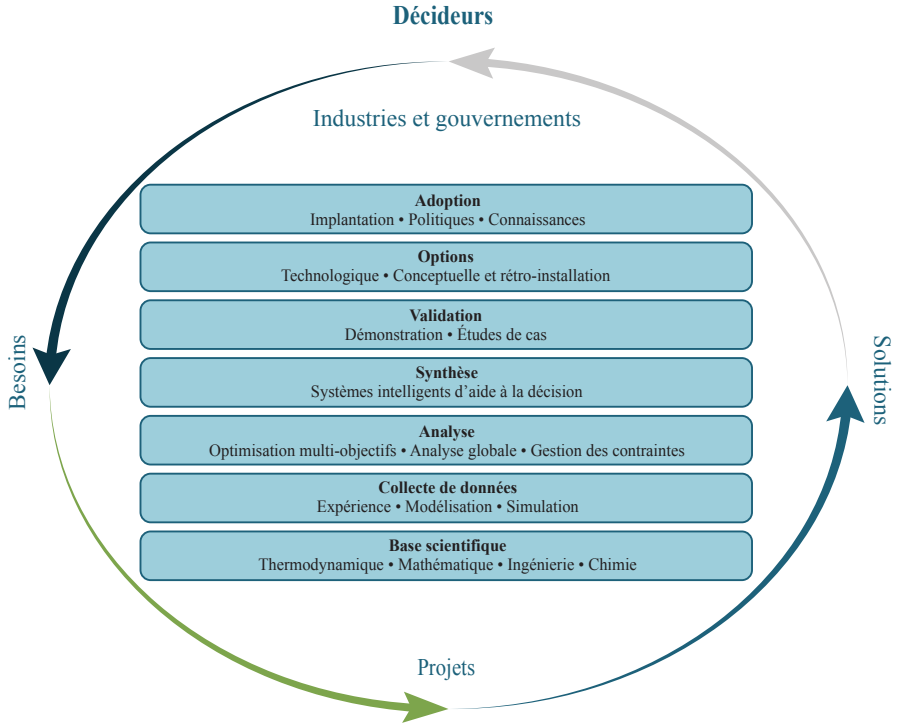


Figure 3 : Approche de création de la valeur

Programme Optimisation des procédés industriels

Le groupe Optimisation des procédés industriels de CanmetÉNERGIE à Varennes est le centre d'expertise en optimisation des procédés industriels au sein du gouvernement fédéral, agissant comme fournisseur et catalyseur d'un avenir énergétique durable pour le Canada.

CanmetÉNERGIE au sein de Ressources naturelles Canada (RNCan) est le plus grand centre de recherche en science et technologie (S-T) au Canada. Ses activités incluent la recherche, le développement, la démonstration et le déploiement de technologies avancées. Nous fournissons à l'industrie et aux gouvernements des solutions novatrices sous la forme de connaissances, d'outils logiciels, de lignes directrices, d'ateliers et de soutien technique (voir la **figure 4**).

Le Programme Optimisation des procédés industriels est axé sur l'analyse globale et les techniques d'optimisation des procédés industriels couvrant l'ensemble de l'usine, telles que l'intégration des procédés (IP) et l'exploration de données (ED), afin d'identifier et de corriger des inefficacités dans la conception et l'opération des usines. Il contribue également à l'introduction de nouvelles technologies visant à améliorer la récupération de chaleur et la mise en oeuvre du bioraffinage, en tenant compte des ressources naturelles, de l'énergie ainsi que des facteurs économiques et environnementaux.

Le programme Optimisation des procédés industriels de CanmetÉNERGIE à Varennes développe les connaissances et les outils nécessaires à la démonstration et au déploiement des méthodologies d'optimisation des procédés dans les usines industrielles afin d'utiliser les ressources de façon efficace.

Notre groupe offre un ensemble unique de compétences dans le domaine de l'optimisation des procédés industriels, soit une combinaison d'expertise en modélisation des procédés, simulation des procédés et optimisation mathématique pour la gestion optimale de l'ensemble du site en matière d'énergie, de services publics, d'eau et de produits chimiques. Ensemble, avec l'aide des meilleures alliances stratégiques et pratiques d'innovation, nous créons de la valeur pour nos partenaires et nos clients.

Figure 4 : Nos produits et services

Activités de recherche et développement

CanmetÉNERGIE favorise l'utilisation d'une approche globale afin d'améliorer l'efficacité énergétique des procédés industriels à la fois aux niveaux de la conception et de l'opération. Une approche globale consiste à analyser le procédé dans son ensemble plutôt que de considérer les opérations individuelles et de façon indépendante. Cette méthode peut être utilisée afin de réduire la consommation énergétique grâce à une récupération de chaleur accrue, de maintenir le rendement énergétique dans le temps ou de soutenir l'intégration optimale de nouvelles technologies.

Nos scientifiques étudient les possibilités d'amélioration de la gestion de l'énergie dans l'industrie en utilisant une approche globale. Les améliorations peuvent résulter de la récupération et de l'utilisation de la chaleur rejetée, du contrôle optimisé basé sur la modélisation des procédés, ou de l'utilisation de nouvelles technologies (par exemple, les échangeurs de chaleur à condensation et les turbines, l'extraction de la lignine de la biomasse, etc.).

Nos experts et nos partenaires de l'industrie font confiance à nos outils d'analyse non seulement pour examiner les opérations unitaires et les systèmes de services publics, mais aussi afin d'étudier la façon dont elles interagissent. Ceci dans le but de réduire la consommation globale de l'usine ainsi que les coûts de production, d'améliorer l'ensemble des opérations et de maximiser les stratégies d'investissement.

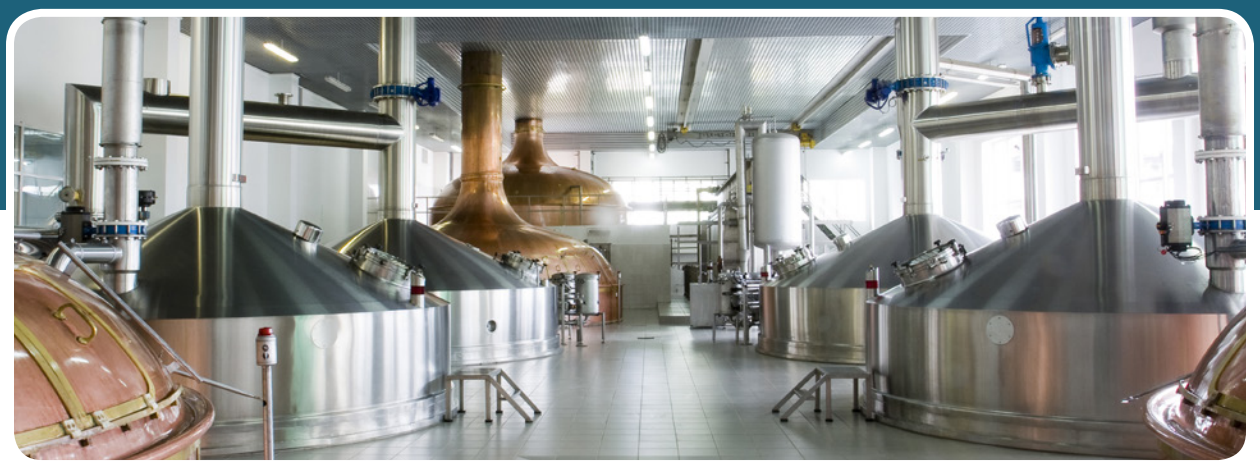
Les principales activités de recherche et développement en cours portent sur les domaines suivants :

- **la gestion de la chaleur;**
- **la cogénération; et**
- **le bioraffinage forestier.**

Ces activités, qui ciblent principalement les secteurs et les procédés industriels énergivores, visent à développer des approches novatrices et transversales pouvant être adaptées à de multiples secteurs industriels. Les sections suivantes décrivent de façon plus détaillée chaque domaine de recherche.

Programme de gestion de la chaleur

Le Programme de gestion de la chaleur développe les connaissances et les outils nécessaires pour minimiser la production de chaleur résiduelle de l'industrie et supporter l'utilisation de technologies avancées de récupération et de revalorisation de la chaleur.



Raison d'être et besoins

La majorité de l'énergie qui entre dans une installation industrielle est éventuellement rejetée dans l'environnement en tant que « chaleur résiduelle » dans divers types de flux et à différents niveaux de température (voir la **figure 5**). Au fur et à mesure que les intrants énergétiques sont distribués dans les procédés, la qualité de cette énergie est dégradée et la « chaleur résiduelle » est ainsi produite. Dans de nombreuses usines, une partie de cette chaleur résiduelle est déjà réutilisée. Cependant, il y a encore de nombreux procédés qui sont conçus et exploités de façon non optimale; la chaleur non récupérée représente ainsi une cause importante d'inefficacité énergétique dans l'industrie. Des études influentes[3-4] identifient la « chaleur résiduelle » en tant que source significative d'énergie inexploitée. Ces mêmes analyses indiquent qu'entre 10 et 40 % de la chaleur résiduelle non réutilisée peut être récupérée de façon rentable et, lorsque combinée avec des technologies novatrices, peut mener à des économies d'énergie pouvant aller jusqu'à 50 %.

---

[3] U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). « Energy Loss Reduction and Recovery in Industrial Energy Systems, Technology Roadmap ». Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Energetics Inc., 2004, 55 p. [Document en ligne]. http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/intensiveprocesses/pdfs/reduction_roadmap.pdf.

[4] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE (AIE). « Energy Technology Perspectives 2012 - How to secure a clean energy future ». [En ligne]. http://www.iea.org/etp/etp2012/.

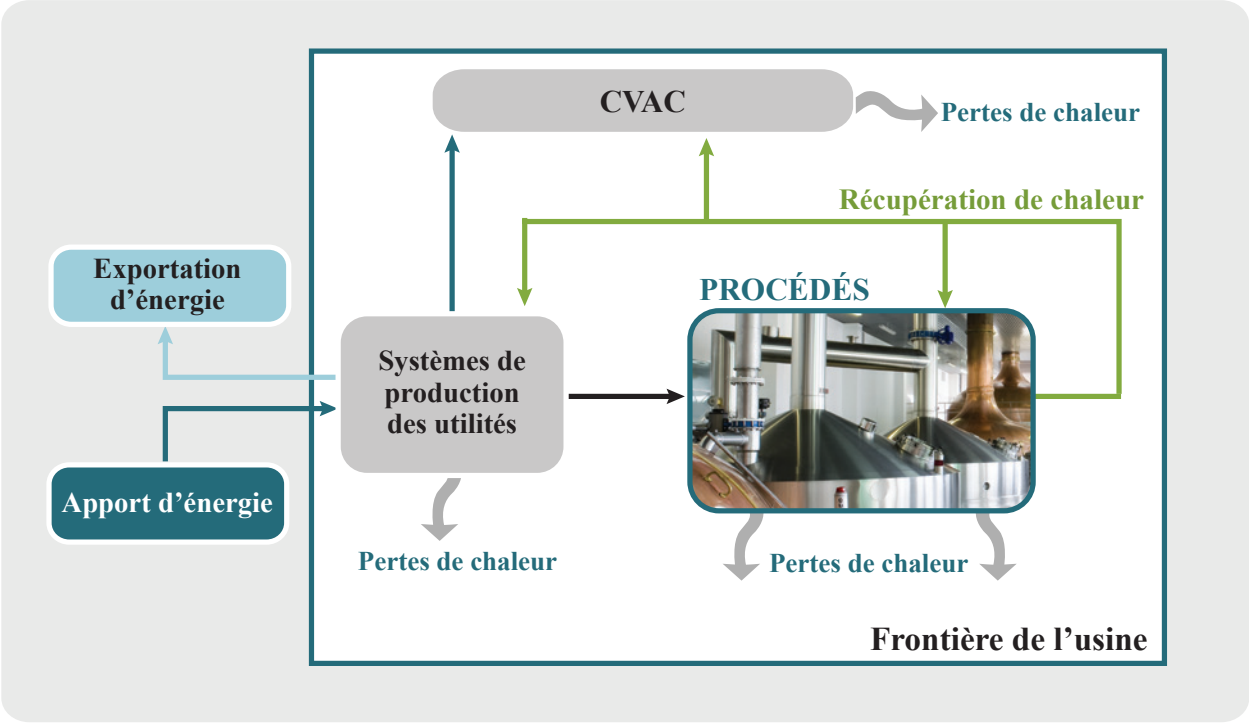


Figure 5 : Consommation et récupération d'énergie dans les sites industriels

Dans les sites industriels, la minimisation des pertes de chaleur et l'amélioration de la récupération de chaleur sont parmi les opportunités les plus intéressantes pour réduire les coûts d'opération. Toutefois, afin de maximiser les bénéfices de ces approches d'efficacité énergétique, il faut d'une part des méthodologies de pointe permettant d'identifier des solutions optimales de récupération et d'utilisation de la chaleur et d'autre part, supporter la mise en oeuvre des technologies appropriées.

Étant donné que les procédés industriels sont complexes et comportent de nombreuses sources et demandes de chaleur ayant des niveaux de température et des charges thermiques variées, la gestion efficace de la chaleur sur l'ensemble d'une installation industrielle est un défi de taille qui présente de nombreux défis. Comment les meilleures solutions de récupération de chaleur peuvent- elles être systématiquement identifiées? Quelle technologie devrait être considérée? Comment la chaleur peut-elle être récupérée lorsque les conditions sont difficiles (température très élevée, milieu corrosif, enjeu d'érosion, etc.)? Quel est le potentiel des pompes à chaleur et des technologies de production d'énergie? Comment les systèmes énergivores peuvent-ils être gérés plus efficacement afin de réduire la production de chaleur résiduelle? Comment les meilleures conditions opératoires peuvent-elles être maintenues au fil du temps?

Pour l'industrie, les réponses à ces questions exigent une compréhension approfondie de la façon dont l'énergie est utilisée sur l'ensemble d'un site industriel, ainsi que des outils d'aide à la décision avancés afin de concevoir et exploiter de façon optimale les procédés. Pour les gouvernements et les législateurs, ceci contribuera à créer un cadre législatif et des programmes de soutien efficaces afin de profiter de l'énorme potentiel qu'offre la récupération de chaleur résiduelle industrielles.

Approche

Dans les sites industriels, les causes principales d'une consommation énergétique excessive sont les procédés conçus de façon non optimale, l'utilisation de technologies désuètes, les conditions d'opération non optimales et la difficulté de maintenir un rendement efficace des équipements et des procédés dans le temps.

Afin de mieux gérer la consommation d'énergie thermique et d'améliorer les performances de l'usine, une approche intégrée qui tient compte de la conception des systèmes de récupération d'énergie, des technologies utilisées et des aspects opérationnels est proposée (voir la **figure 6**). Une telle approche consiste à :

- **Optimiser les réseaux de récupération de chaleur** en analysant où l'énergie thermique est utilisée, où la chaleur résiduelle est générée, où l'énergie peut être récupérée à l'aide des technologies les plus appropriées, et quelle serait la meilleure utilisation de cette chaleur afin d'accroître la rentabilité du site. Cette analyse permet d'assurer que les procédés sont conçus de façon optimale par rapport à la consommation énergétique tout en tenant compte des contraintes du procédé et économiques ainsi que des considérations à l'égard de la sélection des équipements.

- **Améliorer les opérations des procédés et maintenir un rendement élevé dans le temps** par l'analyse et la surveillance des indicateurs clés de performance qui aident le personnel de l'usine à identifier les conditions d'opérations optimales, à réduire la variabilité, à mieux gérer les situations anormales et à gérer en continu les procédés de la façon la plus efficace et rentable possible.

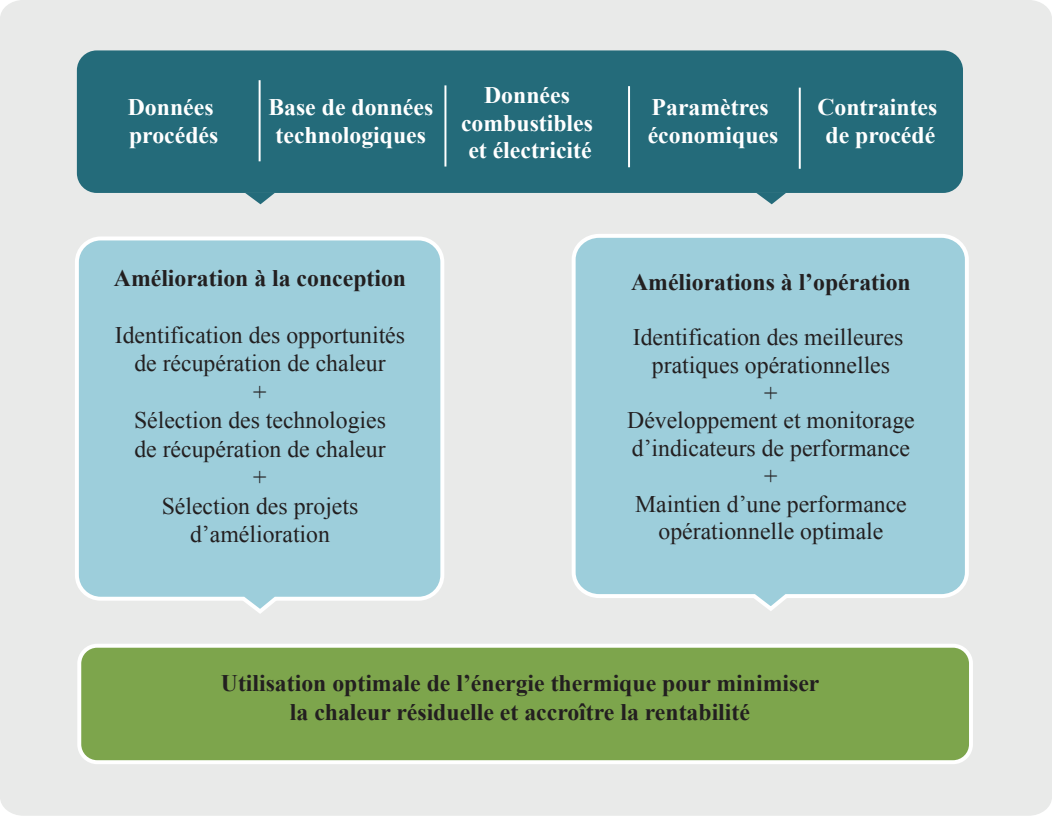


Figure 6 : Approche intégrée pour la gestion efficace de la chaleur

Avec des partenaires canadiens impliqués dans la recherche énergétique industrielle, CanmetÉNERGIE travaille à développer des solutions innovantes afin de mieux gérer l'utilisation de l'énergie thermique d'une manière intégrée. CanmetÉNERGIE apporte une expertise exhaustive dans le domaine de la conception, la simulation et l'optimisation des procédés. Ceci est réalisé par l'entremise d'activités spécifiques qui comprennent :

L'élaboration d'une cartographie des rejets de chaleur résiduelle et du potentiel de récupération de chaleur en :

- étudiant les usines canadiennes typiques afin de développer un plan détaillé des flux d'énergie, des sources de chaleur résiduelle et du potentiel de récupération de chaleur;
- analysant les sources de chaleur résiduelle et les technologies disponibles; et
- identifiant les lacunes technologiques en matière de récupération de certains flux de chaleur résiduelle.

Le développement des outils de prise de décision efficaces en :

- développant des gabarits et des indicateurs de performance clés afin de simplifier et d'accélérer la collecte de données des équipements et des procédés usuels;
- établissant une librairie de modèles technico-économiques pour évaluer diverses technologies en matière de valorisation et de récupération de chaleur, y compris les échangeurs de chaleur, les pompes à chaleur et la production d'énergie à partir de la chaleur résiduelle (par exemple, le cycle organique de rankine (ORC), le cycle de Kalina ou autres); et
- développant des logiciels de calculs d'ingénierie afin de réduire la consommation d'énergie thermique et de maximiser les profits d'opération dans les procédés industriels complexes en :
    - analysant le rendement actuel des procédés et en identifiant les sources d'inefficacités thermiques et les endroits où des améliorations au niveau de l'énergie peuvent être apportées;
    - optimisant les systèmes de récupération de chaleur à l'aide de technologies établies et novatrices visant à réduire la consommation énergétique et la production de chaleur résiduelle;
    - améliorant les réseaux d'eau ayant des implications énergétiques directes; et
    - réduisant la variabilité opérationnelle, en plus d'effectuer une meilleure gestion des situations anormales, à l'aide d'analyses de données historiques et en développant des stratégies permettant de maintenir un rendement élevé au fil du temps.

Le transfert des connaissances et de la technologie par :

- l'intégration des plus récentes avancées de notre programme de recherche en gestion de chaleur dans les outils logiciels **INTÉGRATION**[5] et **EXPLORE**[6] afin d'améliorer l'utilisation de la chaleur aux niveaux des équipements, des procédés et des installations;
- la collaboration avec l'industrie et d'autres partenaires pour valider et démontrer les outils logiciels récemment développés visant à identifier, évaluer et sélectionner les solutions et les technologies avancées en matière de gestion de la chaleur;
- la promotion des outils développés auprès des entreprises de consultation en énergie, des sociétés d'ingénierie, des installations industrielles et des universités à l'aide des mécanismes de déploiement existants de RNCan;
- le développement de feuilles de route sectorielles et de guides techniques destinés à la modernisation des installations existantes ainsi que le développement conceptuel de « procédés de l'avenir » dans les industries des pâtes et papiers, du raffinage du pétrole, de l'agroalimentaire et autres;
- le partage de connaissances pertinentes auprès des concepteurs de programmes et de politiques gouvernementaux pour la mise en oeuvre de solutions optimales en matière de récupération, de valorisation et de gestion de la chaleur au sein de l'industrie canadienne; et
- la diffusion des résultats scientifiques et techniques, tant au niveau national qu'international.

L'objectif ultime de notre Programme de gestion de la chaleur est de fournir à l'industrie des outils d'aide à la décision qui aideront à la sélection d'options d'améliorations au niveau de la conception et de l'exploitation afin de réduire les pertes de chaleur et améliorer le profil énergétique des usines au fil du temps. Cet objectif sera atteint grâce à un vaste travail de collaboration et aux efforts de sensibilisation et de renforcement des capacités du secteur privé[7], permettant ainsi la prise de décisions plus efficaces quant à la réduction de la consommation énergétique et l'amélioration de la rentabilité.

---

[5] CanmetÉNERGIE développe des outils logiciels afin de mieux gérer la consommation énergétique et la production d'énergie dans les installations industrielles complexes. Le logiciel **INTÉGRATION** améliore la récupération de chaleur et réduit la consommation d'énergie thermique dans les procédés industriels. Une base de données intégrée sur les modèles technologiques permet de sélectionner et d'évaluer les technologies de récupération de chaleur, de pompes à chaleur et de production d'énergie à partir de la chaleur résiduelle.

[6] **EXPLORE** améliore l'opération des procédés en réduisant la variabilité. Des capacités de diagnostic intégrées permettent de détecter et de corriger les situations anormales, maintenant ainsi une efficacité maximale des procédés et des équipements au fil du temps.

[7] Voir la section « Sensibilisation et renforcement des capacités » du présent document.

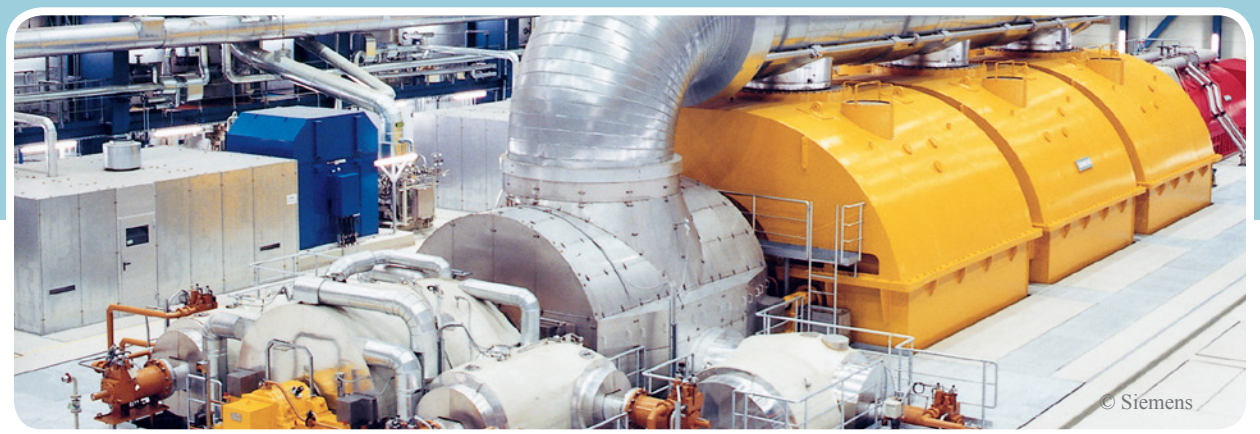
Avantages

La réduction de la demande de chaleur est l'un des moyens les plus rentables pour réduire les coûts d'opération dans les industries énergivores, notamment lorsque les changements opérationnels et les améliorations de conception sont considérés de façon synergique. Dans les situations où la chaleur récupérée est utilisée pour produire de l'électricité, cette électricité peut de surcroît représenter une nouvelle source de revenus pour l'entreprise.

Pour une usine canadienne typique, l'optimisation de la consommation d'énergie thermique à l'aide d'une approche intégrée, visant à améliorer et à maintenir la performance énergétique de l'usine au fil du temps, génère des économies de 10 à 40 % avec une période de récupération de l'investissement initial de 1 à 4 ans. Dans les industries de moyenne envergure, des réductions de coûts représentant plusieurs centaines de milliers de dollars peuvent être obtenues chaque année. Dans les installations industrielles de grande envergure, cela représente des gains de quelques millions de dollars annuellement.

Programme de cogénération

Le Programme de cogénération développe des outils et des connaissances pour appuyer la conception et l'exploitation optimales des systèmes de cogénération industriels. Ce programme contribuera à la transformation de l'industrie vers des systèmes énergétiques hautement efficaces et rentables.



Raison d'être et besoins

La cogénération consiste à produire et à utiliser simultanément de la chaleur et de l'électricité à partir d'une même source d'énergie primaire, au niveau ou à proximité de l'utilisation finale. En utilisant la chaleur produite par le système de production d'électricité pour les applications de procédés, il est possible de réaliser des gains considérables d'efficacité énergétique. En produisant la chaleur et l'électricité séparément, cela résulte en une efficacité globale de 50 à 60 %, alors que les centrales de cogénération peuvent atteindre une efficacité de 75 à 85 % (voir la **figure 7**).

Un autre avantage important de la cogénération est la fiabilité accrue de l'approvisionnement énergétique ainsi que l'absence des pertes de transmission associées à l'achat de l'électricité via le réseau. En dépit de ces avantages, la cogénération a jusqu'à présent connu un faible taux de pénétration dans le marché canadien, à l'exception des industries des pâtes et papiers et pétrochimiques. Cela signifie ainsi qu'un grand potentiel reste toujours inexploité.

Grâce à la déréglementation des marchés de l'énergie qui permet à une installation industrielle d'être à la fois consommateur et producteur d'électricité, et à la volatilité accrue des prix de l'énergie, ces avantages ont récemment entraîné un intérêt croissant au niveau des technologies de cogénération chez les consommateurs, fournisseurs et législateurs d'énergie.

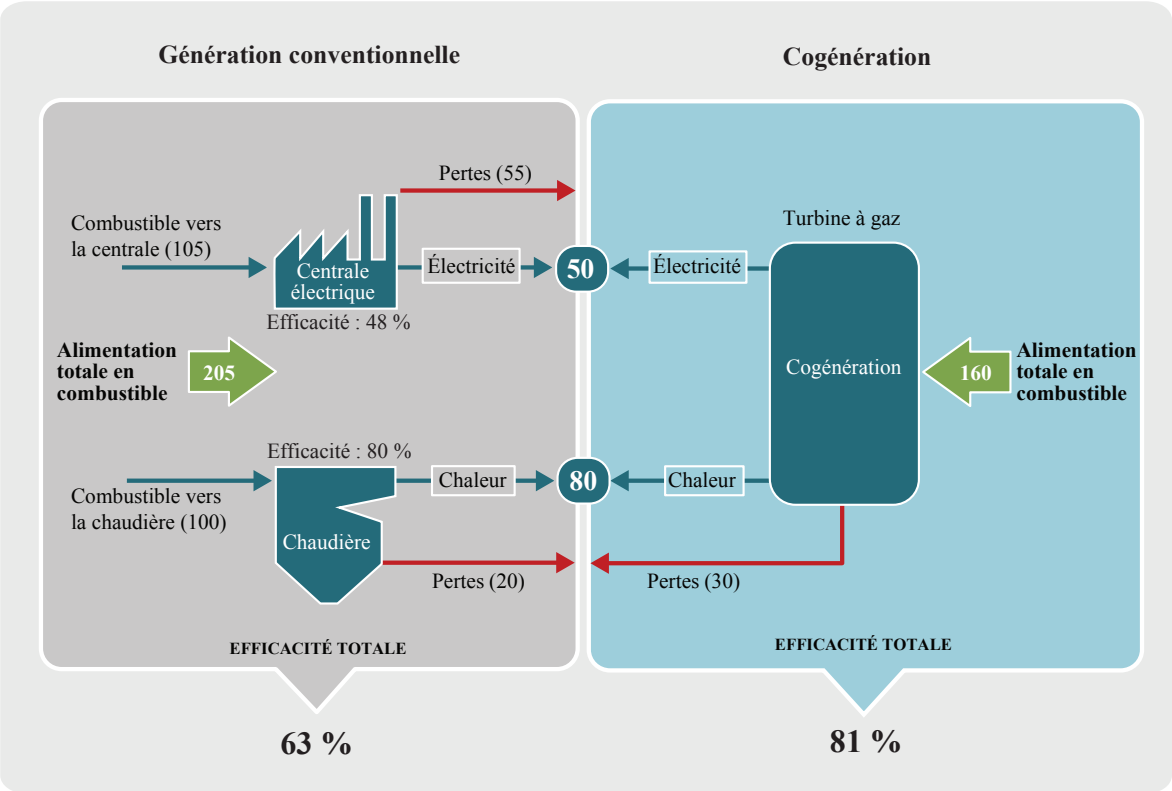


Figure 7 : Exemple illustrant les gains d'efficacité de la cogénération

La plupart des systèmes de cogénération industriels sont conçus pour répondre à des charges moyennes de chaleur et de puissance. En raison de la fluctuation continue au niveau de la consommation de vapeur et d'électricité de la centrale, et de la mise en oeuvre de projets d'efficacité énergétique dans le procédé, le rendement de ces systèmes peut être affecté négativement au fil du temps. En outre, les contraintes d'exploitation des systèmes de cogénération pourraient limiter la mise en oeuvre de projets d'efficacité énergétique. Dans de telles situations, l'exploitation efficace et rentable d'un système de cogénération représente un défi de taille.

Veiller à ce que les procédés reçoivent un approvisionnement adéquat en chaleur et en électricité tout en minimisant les coûts de l'énergie est un défi complexe qui implique plusieurs aspects et soulève plusieurs questions : comment une amélioration de la récupération de chaleur sur l'ensemble de l'usine affecte-t-elle le système de cogénération? Quelles chaudières et turbines devraient être exploitées, quelle devrait être leur charge et quel type de carburant devrait être utilisé? Quelle quantité d'électricité devrait être importée du réseau et quelle quantité devrait être auto-produite? Quelle stratégie devrait être considérée afin d'obtenir les coûts les moins élevés en matière de production de vapeur et d'électricité, ainsi qu'une fiabilité maximale et une réduction des impacts environnementaux? Comment les situations anormales peuvent-elles être mieux gérées? Comment le rendement du système de cogénération peut-il être maintenu au fil du temps?

Pour les systèmes de cogénération industriels, les réponses à ces questions nécessitent des outils d'aide à la décision avancés afin de concevoir et d'exploiter des systèmes de cogénération de façon optimale tout en considérant les contraintes contractuelles, de production et de fiabilité. Pour les gouvernements et les législateurs, les réponses à ces questions contribueront à créer des cadres et des programmes de politiques efficaces pour le développement et la promotion d'applications de cogénération dans le cadre de l'infrastructure énergétique au Canada.

Approche

Compte tenu de la complexité des usines qui comprennent de nombreuses opérations et interactions entre les procédés et les services publics, une approche globale et systématique est nécessaire afin d'atteindre une efficacité énergétique et une rentabilité maximales (voir la **figure 8**). Les unités de procédés doivent idéalement être optimisées d'abord à l'aide d'une récupération de chaleur accrue et d'améliorations opérationnelles pour réduire la demande de vapeur du procédé. Les économies de vapeur peuvent ensuite être transformées en une réduction de la consommation de carburant dans les chaudières ou même utilisées pour produire plus d'électricité à partir du système de cogénération[8].

Dans le but d'exploiter les systèmes de cogénération le plus efficacement possible, il est nécessaire de :

- **Optimiser les systèmes de cogénération** en sélectionnant les meilleures conditions d'exploitation tout en tenant compte des contraintes économiques, environnementales, du procédé, de fiabilité et des équipements. Cette analyse hors-ligne peut être effectuée pour chaque contexte de production afin d'améliorer la conception des systèmes utilitaires ainsi que la planification des opérations.

- **Maintenir un rendement élevé au fil du temps** en développant, surveillant et analysant les indicateurs clés de performance afin d'identifier et de comprendre les inefficacités, de réduire la variabilité et de mieux gérer les situations anormales. En fournissant aux opérateurs des outils d'aide à la décision, ceci leur permettra d'agir rapidement et de faire fonctionner le système de cogénération de la façon la plus efficace et rentable.

[8] Voir la section « Programme de gestion de la chaleur » du présent document.

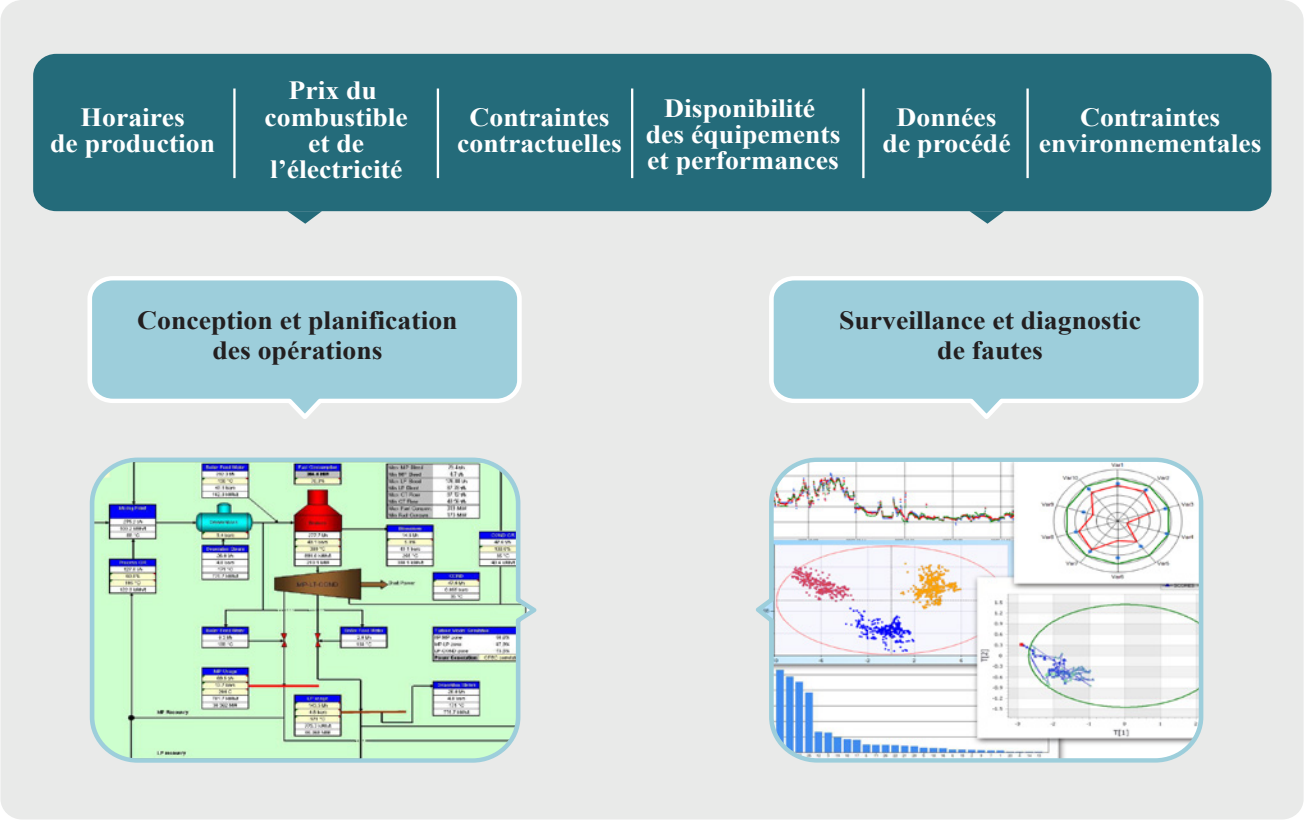


Figure 8 : Approche générale pour des systèmes de cogénération très efficaces

CanmetÉNERGIE travaille, en collaboration avec des partenaires canadiens impliqués dans l'innovation industrielle et les applications de cogénération, à développer des solutions qui aident à optimiser la production de chaleur et d'électricité dans le secteur industriel. CanmetÉNERGIE apporte une expertise exhaustive dans le milieu de la conception, simulation et optimisation de procédés afin d'appuyer la mise en oeuvre des systèmes de cogénération dans les industries canadiennes. Ceci est effectué à l'aide d'activités spécifiques qui consistent à :

Dresser un plan des systèmes de cogénération existants et identifier de nouvelles opportunités en :

- effectuant des évaluations du marché dans le but d'identifier les systèmes de cogénération existants et de quantifier la production de chaleur et d'électricité au Canada;
- identifiant les possibilités de cogénération les plus prometteuses pour l'industrie; et
- estimant les ventes d'électricité potentielles, les économies d'énergie et les réductions d'émissions obtenues grâce aux systèmes de cogénération conçus et exploités de façon optimale.

Développer des feuilles de route de cogénération et des outils de prise de décisions efficaces en :

- développant des gabarits pour simplifier et accélérer la collecte de données à partir des systèmes des services publics et des procédés clés; et
- développant des algorithmes et des outils d'ingénierie innovants pour optimiser la conception et l'exploitation des systèmes de cogénération en :
  - prédisant la façon dont les systèmes de cogénération réagissent aux changements opérationnels ou configurationnels;
  - minimisant les coûts d'exploitation des systèmes de cogénération qui tiennent compte des contraintes liées aux équipements, à l'environnement, à la situation financière et à l'approvisionnement en énergie. Les demandes actuelles et futures du procédé (planification de la production des services publics) sont également considérées;
  - évaluant les possibilités de récupération de chaleur entre les procédés et les systèmes de cogénération afin d'améliorer davantage les performances énergétiques des usines;
  - déterminant les options de conception les plus avantageuses pour les nouveaux équipements en cas d'agrandissement de l'usine, de remplacement des équipements ou d'installation d'un nouveau système de cogénération (planification des investissements); et
  - réalisant des projets de démonstration afin de maximiser les avantages globaux en tenant compte de l'achat d'énergie et des ventes d'électricité selon une série de contraintes.

Développer des outils de prise de décisions pour l'exploitation efficace des systèmes de cogénération en :

- transformant les données disponibles en information utile qui aide les opérateurs à évaluer l'état du procédé et à déterminer les états optimaux en continu;
- développant des indicateurs de performance clés et des modèles de prédiction;
- surveillant la performance globale du système de cogénération;
- effectuant la détection et le diagnostic automatique des inefficacités du système de cogénération et des situations anormales (fautes); et
- fournissant des indications aux opérateurs pour corriger rapidement les situations anormales.

Transférer des connaissances et des technologies en :

- intégrant les plus récentes avancées de notre programme de recherche en cogénération au logiciel **COGEN**[9] de CanmetÉNERGIE afin d'améliorer les systèmes de production d'électricité industriels;
- transférant les connaissances et les outils afin de permettre au personnel de l'usine de gérer leurs opérations de façon proactive;
- développant des feuilles de route sectorielles pour la mise en oeuvre des systèmes de cogénération dans l'industrie canadienne en tenant compte des technologies, de l'exploitation et des contrats d'approvisionnement en énergie;
- travaillant auprès de l'industrie et d'autres partenaires afin de démontrer et valider les outils récemment développés pour mieux mettre en oeuvre les systèmes de cogénération intégrés dans des installations existantes ou nouvelles;
- fournissant aux développeurs de politiques et de programmes des connaissances pertinentes afin de maximiser les impacts des systèmes de cogénération industriels au Canada;
- développant et en offrant des cours thématiques sur l'optimisation des systèmes de cogénération auprès de partenaires industriels et académiques; et
- diffusant les résultats scientifiques et techniques à l'échelle nationale et internationale.

Notre Programme de cogénération a pour objectif principal de développer des outils d'ingénierie et des feuilles de route stratégiques qui aideront les installations industrielles à l'échelle du pays à investir dans la cogénération, fournissant ainsi une source d'électricité et de chaleur fiable tout en assurant la fonction continue des opérations. Cet objectif sera atteint grâce à un vaste travail collaboratif et aux efforts en matière de sensibilisation et de renforcement des capacités[10] qui permettra de diffuser activement les connaissances, le savoir-faire et les outils afin de prendre des décisions plus rentables quant à l'utilisation et l'approvisionnement d'énergie dans les systèmes industriels.

---

[9] CanmetÉNERGIE développe des outils logiciels afin d'optimiser la consommation d'énergie thermique et la production d'électricité dans les installations industrielles complexes. **COGEN** offre des capacités d'analyse des systèmes afin de modéliser, de simuler et d'optimiser rapidement le fonctionnement et la conception des systèmes de cogénération industriels ainsi que des systèmes de vapeur et de retour des condensats.

[10] Voir la section « Sensibilisation et renforcement des capacités » du présent document.

Avantages

La cogénération est un moyen efficace qui permet la production simultanée de la chaleur et de l'électricité et qui offre une plus value considérable pour les installations industrielles. Une usine qui met en oeuvre un nouveau système de cogénération avancé va atteindre un rendement global plus élevé qui va génèrer des économies d'énergie significatives. Des sources de revenus supplémentaires peuvent également être générées grâce à la vente d'électricité au réseau. Ces avantages sont particulièrement intéressants lorsque « l'électricité verte » est produite à partir de la biomasse, une ressource renouvelable d'énergie.

Pour une usine qui exploite un système de cogénération existant, l'optimisation et le maintien des performances du système de cogénération dans le temps est une approche à faible coût pour réduire les coûts énergétiques et/ou augmenter les ventes d'électricité.

Pour une centrale de cogénération de 40 MW, un système optimisé génère habituellement des économies d'énergie de 3 % et une augmentation de la production d'électricité de 3 %. Cela représente des avantages économiques de 1,5 million de dollars et une réduction totale des émissions de gaz à effet de serre[11] de 10 000 tonnes annuellement, avec un temps de récupération de l'investissement initial de moins d'un an. Lorsque de nouveaux systèmes de cogénération sont évalués impliquant des projets d'immobilisations, on peut obtenir des économies de coûts allant jusqu'à 20 %. On peut également obtenir en moyenne 5 % de réduction des coûts d'exploitation supplémentaires grâce au suivi des performances, à la détection rapide des fautes et à une meilleure planification des arrêts et des démarrages des systèmes.

[11] Les émissions totales de gaz à effet de serre (GES) comprennent les émissions directes et indirectes. Les émissions directes sont celles associées à l'utilisation de combustibles fossiles dans le système de cogénération alors que les émissions indirectes sont liées à l'électricité produite par le système de cogénération.

Programme de bioraffinage

Le Programme de bioraffinage développe des connaissances et des outils dans le but de soutenir le développement et l'intégration optimale des technologies de bioraffinage dans l'industrie, à la fois nouvelles ou existantes. Ces dernières guideront la transformation du marché industriel vers la bioéconomie.

Raison d'être et besoins

L'industrie forestière canadienne réoriente maintenant son modèle d'affaires vers ce qu'on appelle la bioéconomie afin de tirer profit des ressources forestières abondantes, renouvelables et de haute qualité au Canada. Des travaux, menés par l'Association des produits forestiers du Canada (APFC) dans le cadre de sa « *Vision 2020 : L'avantage naturel du Canada* »[12], sont en cours afin de développer des technologies, des procédés et des modèles d'affaires permettant de réaliser des produits écologiques novateurs à partir de la biomasse forestière ainsi que d'extraire plus de valeur de chaque arbre abattu. Ceci peut être réalisé grâce à la production de bioénergie, de produits biochimiques et de biomatériaux à haute valeur, en plus de bois d'oeuvre et de produits de pâtes et papiers traditionnels. Il est prévu que cela représentera 20 millards de dollars de surplus en activité économique et renforcera également la compétitivité, les emplois et les communautés du secteur à long terme partout au Canada.

[12] ASSOCIATION DES PRODUITS FORESTIERS DU CANADA (APFC). « Vision 2020 : L'avantage naturel du Canada ». [En ligne]. http://www.fpac.ca/index.php/fr/page/vision2020

Certaines initiatives menées par l'APFC et FPInnovations ont examiné le potentiel de marché de la bioénergie, des produits biochimiques et des bioproduits émergents. Ces initiatives ont signalé que les usines de pâtes et papiers représentent une plateforme idéale pour la démonstration du concept de bioraffinage en raison de leur taille, leur infrastructure existante, leur proximité des sources de biomasse et leur expérience dans la logistique d'approvisionnement de la biomasse. Les entreprises forestières sont de plus en plus nombreuses à établir leurs stratégies de bioraffinage afin d'identifier des produits biosourcés concurrentiels et prometteurs ainsi que des technologies appropriées pour offrir ces produits. Cependant, le grand nombre de possibilités pour ces produits rend la prise de décision difficile. Il est ainsi essentiel de bien comprendre quels produits peuvent être fabriqués et comment on peut le faire de façon efficace avec un risque minimal à l'égard des technologies, du marché, des investissements et de l'environnement.

Certaines questions clés doivent être répondues afin de soutenir la prise de décision : Quels produits les consommateurs veulent-ils ou nécessitent-ils? Quels niveaux de pureté et de performance sont nécessaires et à quel prix? Quels coproduits pourraient être envisagés? Quels sont les procédés ou technologies disponibles? Quelle est la meilleure façon d'intégrer ces nouveaux procédés dans les infrastructures actuelles afin de minimiser les impacts sur les opérations de procédé ainsi que sur l'utilisation de l'énergie, l'eau et les matières premières? Comment un pont peut-il être établi entre l'industrie forestière et l'industrie chimique?

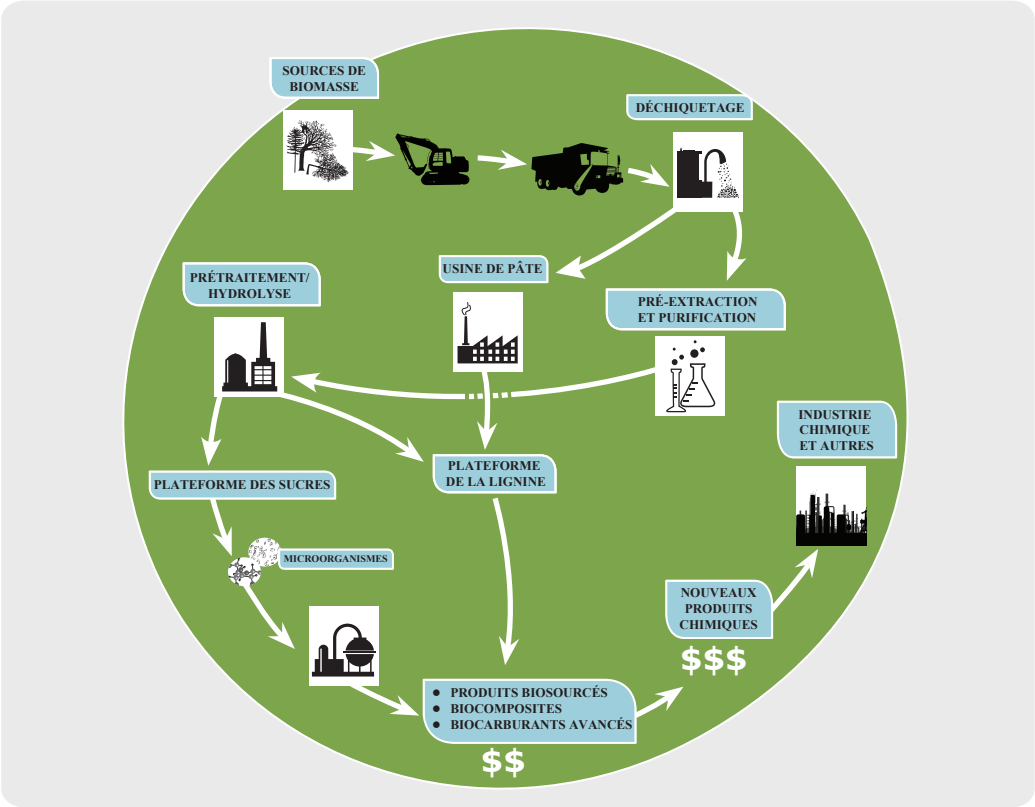


Figure 9 : Voies d'innovation vers les bioraffineries

Approche

Afin de rendre possible l'utilisation de la biomasse lignocellulosique en tant que matières premières (telles que la biomasse forestière et agricole) pour la production de produits biosourcés, il est indispensable de fractionner la biomasse en chaînes de valeur en utilisant plusieurs plateformes technologiques (voir la **figure 10**) :

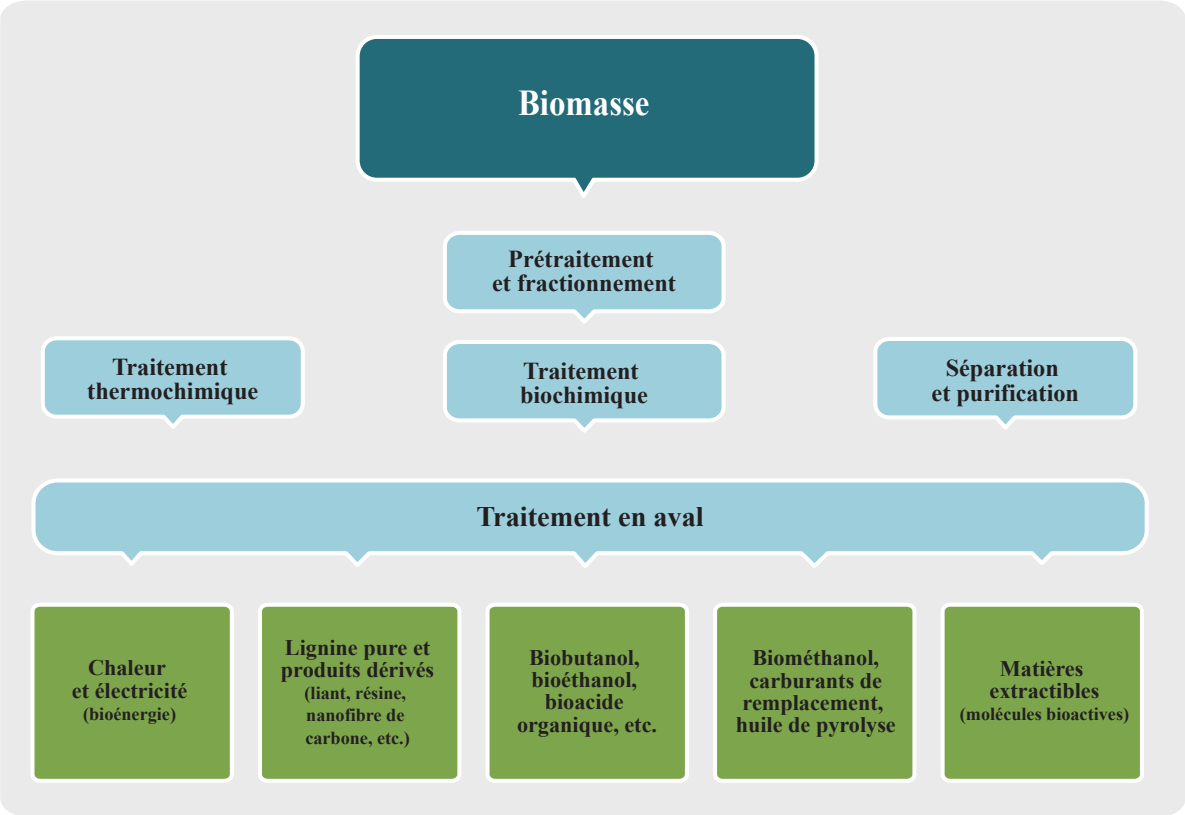


Figure 10 : Bioraffinage intégré – Extraire plus de valeur des ressources de biomasse

Plateforme de prétraitement : où la biomasse lignocellulosique est prétraitée et fractionnée en flux de lignine, hémicellulose et cellulose pour un traitement ultérieur.

Plateforme de la lignine : où la lignine est extraite et purifiée au niveau requis pour l'application visée (par exemple, une pureté modérée utilisée comme source d'énergie pour la cogénération existante et pour les fours à chaux dans les usines, ou une pureté élevée utilisée comme matière première pour les biocomposites et adhésifs).

Plateforme de sucre : où la cellulose et l'hémicellulose sont hydrolysées pour produire des flux riches en sucre qui sont ensuite convertis biochimiquement en un portefeuille de produits chimiques potentiels, y compris le biobutanol en tant que précurseur chimique pour de nombreux dérivés ou encore comme carburant de transport ou des bio-acides organiques (lactiques, succiniques, etc.) servant de composés chimiques de base écologiques.

Plateforme thermochimique : où la biomasse est convertie thermiquement en gaz de synthèse par gazéification ou en biohuile par pyrolyse, puis transformée par la suite en méthanol, en alcools et en carburant « drop-in », c'est-à-dire un carburant de substitution ne nécessitant aucune adaption.

CanmetÉNERGIE, en collaboration avec des partenaires canadiens et internationaux impliqués dans la chaîne de l'innovation en matière de bioraffinage, travaille à développer, évaluer et optimiser des solutions de bioraffinage qui maximisent la valeur de la ressource de biomasse en utilisant ses composants pour produire une variété de coproduits. CanmetÉNERGIE apporte une expertise exhaustive dans le domaine de la conception, la simulation et l'optimisation de procédés, ainsi que de l'évaluation des technologies pour soutenir la mise en œuvre progressive des technologies de bioraffinage. Ceci est réalisé grâce à un certain nombre d'activités spécifiques, y compris :

Cartographie et optimisation de l'utilisation des ressources dans les systèmes de production industriels existants :

- optimisation des actifs existants afin de mieux servir de plateforme pour les nouvelles technologies de bioraffinage en améliorant l'efficacité de production d'énegie, d'eau et d'électricité;
- élaboration de modèles de simulation détaillés et optimisés des procédés de bioraffinage pouvant maximiser l'efficacité de conversion ainsi que minimiser l'utilisation d'énergie, d'eau et d'autres ressources; et
- évaluation des stratégies techniques pour compenser les besoins en ressources en raison de la mise en œuvre du bioraffinage dans la chaîne de valeur industrielle existante.

Élaboration de voies de bioraffinage et de solutions de conception ou de modernisation :

- évaluation des impacts des nouvelles voies de traitement sur l'exploitation des usines actuelles et proposition de stratégies pour minimiser les impacts négatifs possibles;
- modélisation des bioraffineries autonomes et intégrées produisant au moins un produit clé, soit avec ou sans une série de coproduits;
- développement de protocoles et de lignes directrices pour la conception intégrée de technologies de bioraffinage innovantes ainsi que pour leurs mises en œuvre rentables dans les infrastructures industrielles existantes;
- adaptation des mesures basées sur l'évaluation du cycle de vie afin d'attribuer les produits de bioraffinage aux meilleures utilisations possibles;
- développement de voies de bioraffinage rentables pour une utilisation optimale de la biomasse canadienne en tenant compte des options de bioénergie et de bioproduits;
- définition d'un protocole de prise de décision à critères multiples (MCDM)[13] pour refléter les différentes perspectives permettant de comparer les options de procédé possibles afin d'identifier les meilleures; et

[13] MCDM est un outil de prise de décision à critères multiples développé par l'École Polytechnique de Montréal en collaboration avec CanmetÉNERGIE à Varennes. Il combine et applique des modèles thermodynamiques et économiques pour concevoir des options technologiques de bioraffinage. Un outil MCDM est souvent créé en collaboration avec des intervenants industriels pour étudier des alternatives de bioraffinage, définir les critères et les paramètres qui y sont reliés, et les classer de manière rigoureuse.

- développement d'un cadre de conception hiérarchique qui intègre des outils d'ingénierie pour la prise de décision.

Transfert des connaissances, du savoir-faire et des technologies :

- intégration des plus récentes avancées de notre programme de recherche en bioraffinage dans le logiciel **I-BIOREF**[14] de CanmetÉNERGIE pour l'évaluation technico-économique et environnementale des options technologiques de bioraffinage;
- collaboration avec l'industrie et d'autres partenaires pour valider et démontrer les nouveaux produits et les voies de la lignine et des flux riches en sucre;
- collaboration avec l'industrie afin que la recherche, le développement et l'innovation du bioraffinage deviennent réalité;
- réalisation d'une série d'ateliers de travail avec des intervenants de l'industrie afin d'explorer différents aspects des bioraffineries intégrées;
- développement et livraison de matériel de cours pour des partenaires universitaires et industriels;
- élaboration d'un programme spécifique pour former les leaders de la future industrie du bioraffinage; et
- diffusion de résultats scientifiques et techniques, autant au niveau national qu'international.

À court terme, nos activités se concentrent sur l'intégration des procédés de bioraffinage à petite échelle dans les infrastructures existantes afin d'acquérir de l'expérience et de minimiser les risques tout en améliorant la façon de modéliser, concevoir, sélectionner et intégrer les technologies de bioraffinage. À plus long terme, nos travaux s'élargiront pour inclure l'élaboration d'une plateforme technologique autonome intégrée pour la production de la lignine et ses dérivés, notamment les produits biochimiques ainsi que les coproduits dérivés de sucres.

L'objectif principal de notre Programme de bioraffinage est de développer des voies optimales à partir de la biomasse forestière et agricole qui mèneront à la transformation du marché dans l'industrie. Cet objectif sera atteint grâce à un vaste travail de collaboration, de sensibilisation et de renforcement des capacités[15] visant à diffuser activement les connaissances, le savoir-faire et les outils. Cela permettra une prise de décisions plus fiables afin de mieux répondre aux exigences du marché en matière de bioproduits et de biomatériaux.

---

[14] Le logiciel **I-BIOREF** a été développé par CanmetÉNERGIE afin d'évaluer rapidement la viabilité économique et les impacts environnementaux de l'intégration des stratégies de bioraffinage dans les usines de pâtes et papiers existantes. I-BIOREF offre des fonctionnalités permettant d'évaluer les avantages de l'intégration des procédés disponibles sur le marché dans les plate-formes de pré-traitement, de la lignine, de sucre et de la thermochimie; d'effectuer des analyses de sensibilité selon différents paramètres; et d'évaluer les impacts environnementaux à l'aide de mesures basées sur l'évaluation du cycle de vie.

[15] Voir la section « Sensibilisation et renforcement des capacités » du présent document.

Avantages

L'intégration du bioraffinage dans les usines de pâtes et papiers pourrait réduire jusqu'à 30 % les coûts de fabrication des bioproduits grâce à l'efficacité de la co-production. Par ailleurs, les marchés de haute valeur pour la bioénergie, les produits biochimiques et les biomatériaux représentent une occasion unique d'extraire une valeur maximale de la fibre de bois et de générer d'autres activités économiques considérables pour les entreprises forestières. L'intégration du bioraffinage aux usines de pâtes et papiers pourrait générer des revenus supplémentaires en plus de diversifier leurs produits et leurs marchés. Les bioindustries se développent rapidement et le nombre d'emplois dans ce secteur a augmenté de 13 % au Canada de 2006 à 2008. La diversification des marchés pour les résidus forestiers et agricoles augmente la valeur de ces matériaux, offrant ainsi des avantages économiques aux producteurs de résidus et leurs communautés locales.

Ces nouveaux marchés devraient atteindre un potentiel de marché global représentant 150 à 200 milliards de dollars d'ici 2015. Une bioraffinerie fondée sur une usine de pâte kraft peut retirer une partie des flux d'hémicellulose et de lignine qui sont actuellement brûlés dans la chaudière de récupération, puis les convetir en produits de plus grande valeur tels que le biobutanol, l'acide succinique et les résines à base de lignine. Typiquement, une usine de pâte kraft consomme annuellement 653 000 tonnes anhydres de copeaux de bois; une récupération de 36 500 tonnes de lignine de la liqueur noire combinée à une augmentation de 15 % de la production de pâte à papier peut générer des revenus annuels supplémentaires de 63 M$ provenant de la vente de la lignine et de pâte supplémentaire.

Sensibilisation et renforcement des capacités

Renforcer les capacités de l'industrie, des firmes d'ingénierie et des décideurs à utiliser une approche globale pour la mise en oeuvre de solutions qui améliorent l'efficacité et la rentabilité d'une usine.

Contexte

L'intégration des procédés (IP) et l'analyse multivariée de données (AMVD) sont des outils puissants pour améliorer la conception et l'opération des procédés industriels grâce à des solutions innovantes qui permettent d'économiser l'énergie, réduire les coûts d'exploitation et les émissions, et accroître la rentabilité. Au cours de la dernière décennie, un certain nombre d'études d'IP et d'AMVD ont réussi à générer des économies d'énergie typiques de l'ordre de 10 à 30 % dans des industries de grande ou moyenne envergure. Cependant, même avec un tel succès, les résultats obtenus jusqu'à présent ne représentent qu'une petite partie de l'impact potentiel que pourraient avoir l'IP et l'AMVD dans le secteur industriel au Canada. En fait, ces outils sont encore très sous-utilisés principalement en raison de la connaissance limitée au sujet des avantages de l'IP et de l'AMVD ainsi que du manque d'expertise dans les firmes d'ingénierie canadiennes. Comme il existe un grand potentiel inexploité, le but des activités de sensibilitation et de renforcement des connaissances de CanmetÉNERGIE est de surmonter les obstacles du marché afin de promouvoir une adoption plus généralisée de ces outils.

CanmetÉNERGIE et ses partenaires ont développé une gamme de logiciels d'analyse qui incluent les plus récents progrès de nos activités de recherche ainsi que de nombreuses années d'expérience pratique. Ces logiciels sont destinés à aider les industries canadiennes à améliorer la performance de leurs procédés ainsi que leur rentabilité :

INTÉGRATION
Révèle les possibilités de récupération de chaleur et optimise la consommation d'énergie thermique.

COGEN
Maximise les revenus des systèmes industriels de cogénération.

EXPLORE
Analyse et optimise l'opération des procédés grâce à l'analyse de données.

I-BIOREF
Évalue la viabilité technico-économique ainsi que l'empreinte écologique des stratégies de bioraffinage.

Figure 11 : Logiciels d'analyse

Stratégie

Le programme Optimisation des procédés industriels de CanmetÉNERGIE vise à renforcer les capacités de l'industrie, des firmes d'ingénierie et des décideurs à utiliser une approche globale pour la mise en oeuvre de solutions qui améliorent l'efficacité et la rentabilité d'une usine. Cet objectif est atteint grâce à un programme de transformation du marché (voir la **figure 12**) qui fournit les informations, les connaissances, les outils et le soutien technique nécessaires pour identifier, évaluer et sélectionner les solutions les plus rentables.

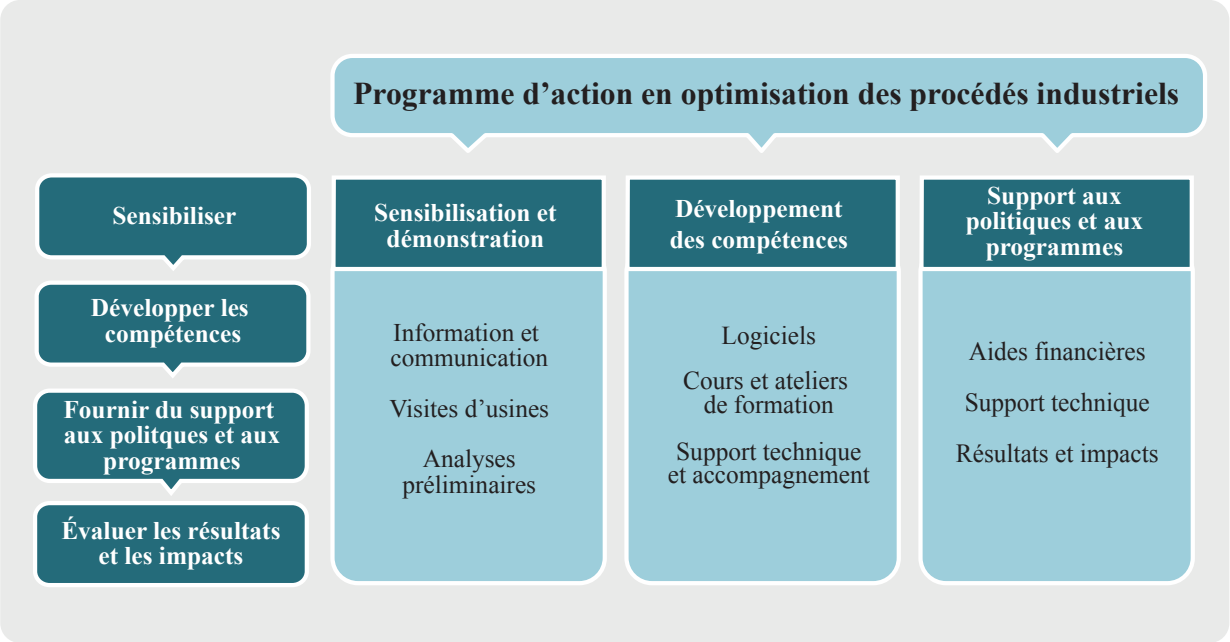


Figure 12 : Programme de transformation du marché – Notre approche

Ces activités peuvent apporter des gains énergétiques, financiers et environnementaux considérables pour le secteur industriel et les communautés locales. De plus, elles ont le potentiel de modifier la façon dont les études énergétiques sont réalisées au Canada et de faire évoluer les pratiques actuelles vers des évaluations énergétiques plus avancées et basées sur une approche globale. Les connaissances et le savoir-faire des professionnels progresseront, ce qui profitera à l'ensemble de l'industrie canadienne pour les années à venir et bien après la fin de ce programme.

Compte tenu de l'ampleur de ce programme national de transformation du marché, il est essentiel d'établir des partenariats avec des intervenants clés, notamment pour fournir des incitatifs complémentaires et un soutien logistique. Parmi les organisations partenaires à travers le pays, on retrouve les ministères et organismes fédéraux et provinciaux, le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC), les distributeurs d'énergie, les associations industrielles et les universités canadiennes.

Sensibilisation et communication

L'un des objectifs clés de nos travaux de sensibilisation et de renforcement des capacités est de faire connaître les avantages d'une approche globale pour améliorer la compétitivité de l'industrie canadienne tout en réduisant son empreinte environnementale grâce à l'efficacité énergétique et l'intégration de nouvelles technologies.

Nos activités consistent à :

- expliquer les concepts et les avantages de nos outils d'analyse globales aux décideurs, ingénieurs de procédés et professionnels;
- effectuer des visites personnalisées, y compris des analyses préliminaires, dans certaines installations industrielles afin de démontrer les avantages d'une approche globale et comment les logiciels de CanmetÉNERGIE peuvent être utilisés; et
- développer des sites internet pour rendre les informations (matériel de cours, études de cas, événements et cours à venir) et les logiciels disponibles à la communauté des professionnels, décideurs et étudiants en ingénierie.

Outils logiciels

Afin de permettre un transfert de connaissances efficace vers l'industrie, CanmetÉNERGIE développe des solutions logicielles innovantes qui comprennent les plus récents progrès de nos activités de recherche (voir la **figure 13**).

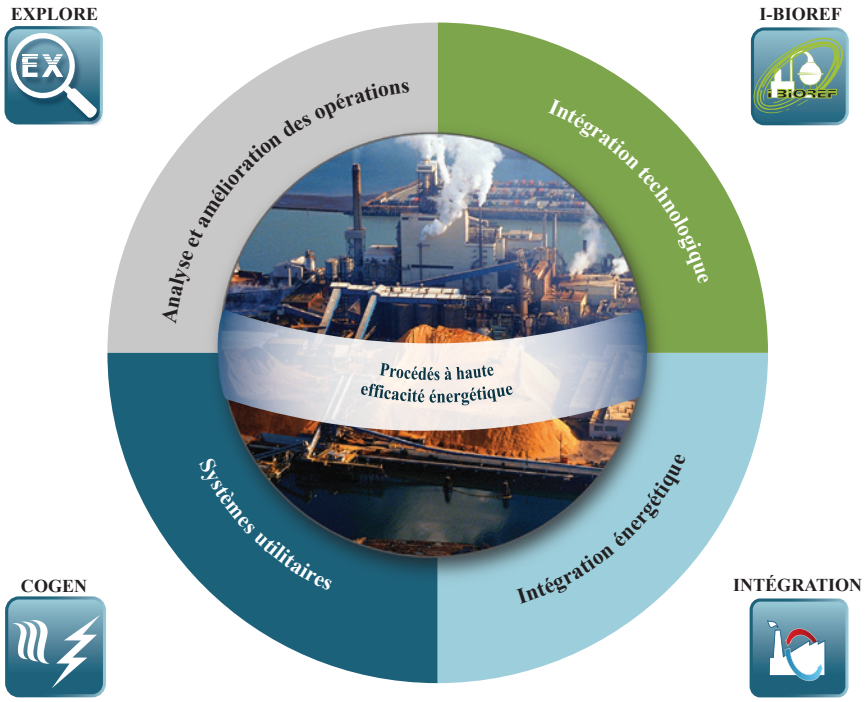


Figure 13 : Solutions pour l'optimisation des procédés industriels

Nos logiciels sont développés par une équipe d'ingénieurs logiciel et de programmeurs travaillant en étroite collaboration avec nos chercheurs et ingénieurs. Ces logiciels sont à la fine pointe de la technologie et sont des outils très puissants pour analyser les procédés industriels et évaluer une vaste gamme de projets d'amélioration. Ils sont diffusés par le biais d'un programme de formation ciblé visant à assurer que les ingénieurs et étudiants canadiens disposent des compétences nécessaires pour bien les utiliser.

INTÉGRATION utilise une approche globale pour optimiser la récupération de chaleur et réduire la consommation d'énergie thermique dans les procédés industriels. **INTÉGRATION** offre des fonctionnalités uniques pour identifier rapidement les sources d'inefficacité thermique; évaluer des projets pour améliorer la performance énergétique des réseaux d'échangeurs de chaleur et des systèmes utilitaires (ou services publics); évaluer la viabilité de différentes technologies de récupération de chaleur, de pompes à chaleur et de revalorisation énergétique; et réduire la consommation d'eau dans les installations industrielles complexes.

COGEN est utilisé pour établir des modèles précis et optimiser les systèmes industriels de cogénération. Les interactions complexes entre la production de vapeur, la production d'électricité, l'utilisation de la vapeur dans le procédé et le retour de condensat sont toutes analysées dans le même environnement. La puissance de **COGEN** permet de représenter et d'optimiser les installations de cogénération en tenant compte des différentes contraintes opérationnelles et de la complexité des contrats d'électricité.

EXPLORE utilise des techniques d'analyse de données avancées pour comprendre et réduire la variabilité des procédés. **EXPLORE** comprend plusieurs outils visant à formater, pré-traiter et analyser des bases de données de grande taille; identifier les variables les plus critiques affectant le fonctionnement de procédés; surveiller des indicateurs clés de performance; détecter, diagnostiquer et corriger les fautes d'opération dans les équipements et procédés industriels.

I-BIOREF permet d'évaluer la viabilité économique ainsi que les impacts énergétiques et environnementaux de l'intégration de technologies de bioraffinage dans les usines de pâtes et papiers. **I-BIOREF** comprend des fonctionnalités permettant d'évaluer rapidement les bénéfices d'intégrer des procédés commercialement disponibles pour les plateformes de prétraitement, l'extraction de la lignine, la conversion des sucres et les plateformes thermochimiques; d'effectuer des analyses de sensibilité sur différents paramètres; d'analyser le potentiel d'accroître la production de pâte et le rendement de conversion des biocarburants et bioproduits; et d'évaluer les impacts sur l'environnement à l'aide d'indicateurs basés sur l'analyse du cycle de vie.

Formation et soutien technique

Depuis leur création en 2010, nos cours techniques ont été axés sur l'utilisation des logiciels **INTÉGRATION** et **EXPLORE** et ont connu un succès rapide avec plus de 200 ingénieurs formés en 15 séances de formation. Cela confirme ainsi le besoin de cours techniques destinés aux ingénieurs d'usines et de firmes d'ingénierie pour leur permettre de mieux analyser, identifier, évaluer et mettre en oeuvre des projets d'efficacité énergétique. Avec l'amélioration régulière de ces logiciels, combinée à l'ajout de nouvelles fonctionnalités pour l'optimisation des systèmes énergétiques industriels et l'intégration de nouvelles technologies, il est prévu que la demande pour des cours en intégration des procédés, en cogénération, en analyse multivariée de données et en bioraffinage augmente au cours des années à venir. Pour répondre à cette demande croissante, CanmetÉNERGIE collabore avec les provinces et d'autres organismes gouvernementaux pour mettre en oeuvre un programme de formation et de soutien technique à l'échelle nationale, et aussi pour établir un réseau de formateurs qualifiés afin d'accélérer le transfert des connaissances à travers le Canada. Une offre variée de webinaires et de cours de formation traitant à la fois des bases scientifiques et des aspects pratiques liés à l'utilisation pratique des logiciels est fournie, y compris:

- l'intégration énergétique à l'aide de l'analyse Pinch;
- l'analyse de technologies de récupération et de valorisation de la chaleur;
- l'optimisation des systèmes de cogénération;
- l'amélioration des performances des procédés à l'aide de l'analyse multivariée de données; et
- l'évaluation des technologies de bioraffinage.

Dans le cadre des cours offerts, les participants apprennent à utiliser les logiciels **INTÉGRATION**, **COGEN**, **EXPLORE** et **I-BIOREF** conçus par CanmetÉNERGIE.

Dans le but d'accélérer le processus d'apprentissage et l'impact de nos activités de formation, un soutien technique est également offert aux participants afin de les aider à réaliser leurs premières études à l'aide de nos logiciels. Cette activité de « mentorat » permet de transmettre des connaissances plus rapidement et plus efficacement à l'industrie.

En outre, pour transformer le marché sur le long terme, CanmetÉNERGIE collabore avec des universités canadiennes pour enrichir les cours existants et en créer de nouveaux, et pour développer les capacités des enseignants universitaires à introduire nos logiciels dans leurs programmes de façon à former la prochaine génération d'ingénieurs.

Aide financière et évaluation des impacts

Les projets d'efficacité énergétique sont généralement en concurrence avec les projets de production lorsque la direction d'une usine décide de l'allocation des fonds. Le financement est essentiel pour appuyer les études énergétiques, mais aussi pour faciliter la mise en oeuvre des projets, tel que démontré par le Programme d'écologisation des pâtes et papiers (PEPP) du gouvernement fédéral, le Programme d'incitatif financier pour l'intégration des procédés (IP), le Programme d'investissements dans la transformation de l'industrie forestière (ITIF) et d'autres initiatives provinciales. CanmetÉNERGIE peut être contacté pour de plus amples renseignements sur les programmes d'incitatif financier disponibles.

Enfin, pour mesurer l'efficacité de nos activités de sensibilisation et de renforcement des capacités, CanmetÉNERGIE recueille et analyse systématiquement les commentaires de l'industrie. Cela permet d'évaluer les changements pouvant être attribués à nos actions et de veiller à ce que le Programme d'optimisation des procédés industriels produise les résultats visés à long terme.

Identification d'opportunités, sélection et gestion de projets

Le groupe Optimisation des procédés industriels de CanmetÉNERGIE à Varennes est constamment à la recherche de partenaires intéressés à collaborer à nos projets de recherche et à nos activités de sensibilisation et de renforcement des capacités. Nous travaillons en étroite collaboration avec des partenaires de l'industrie afin de cibler des domaines de recherche prioritaires, mener des projets de démonstration et transmettre les technologies et les connaissances aux différents intervenants et décideurs.

Nos projets sont livrés par des équipes multidisciplinaires dirigées par des chefs de projet. Chaque nouveau projet est décrit dans une proposition écrite qui est examinée par le directeur du programme ainsi que les chefs de projet afin que le projet soit bien défini et planifié (allocation des ressources, échéancier, objectifs et livrables précis, analyse des risques et probabilité de succès). À cette fin, nous utilisons une approche structurée de gestion de l'innovation pour assurer un produit de valeur pour nos clients et partenaires. Cette approche est basée sur un ensemble de meilleures pratiques et repose sur les cinq disciplines de l'innovation développées par SRI International[16] (SRI Five Disciplines of Innovation®). Nous utilisons cette approche afin de transformer de façon fiable des idées révolutionnaires en solutions concrètes. La **figure 14** ci-bas décrit la façon dont nous atteignons l'excellence grâce à la gestion efficace de nos activités tout au long de la chaîne d'innovation.

Seule, une idée géniale ne suffit pas; une innovation se réalise seulement lorsque cette grande idée est appliquée à un besoin important et ensuite transférée à l'industrie.

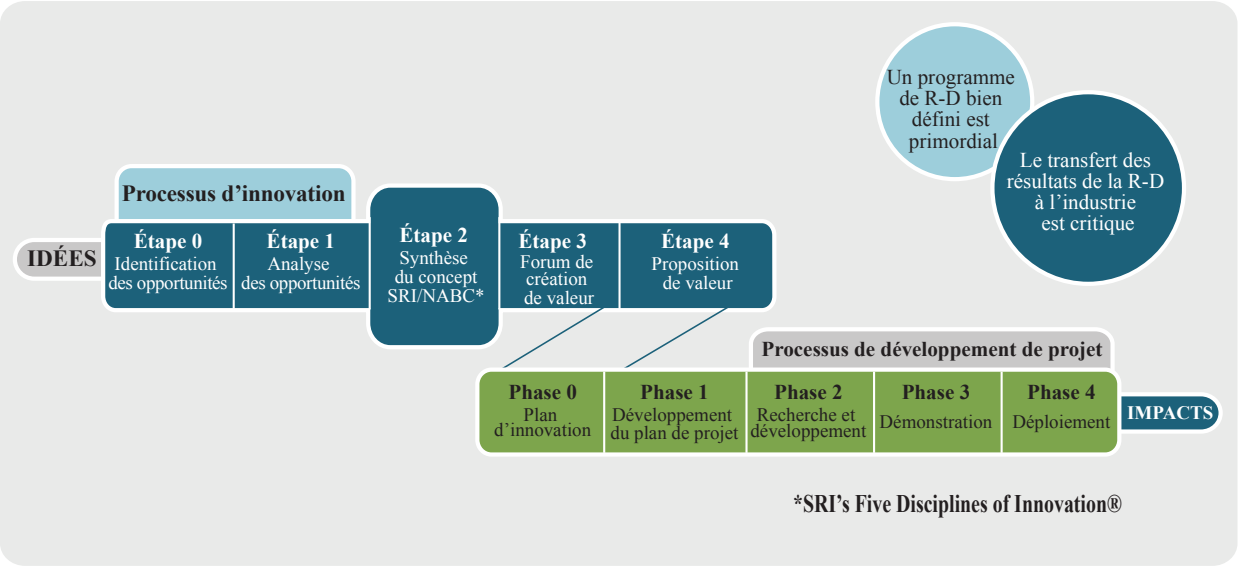


Figure 14 : Comment nous atteignons l'excellence dans l'innovation

[16] SRI INTERNATIONAL. « Innovation Programs, SRI's Five Disciplines of Innovation ». [En ligne]. http://www.sri.com/engage/innovation-programs/five-disciplines-innovation

Analyse de marché

L'énergie représente une composante importante du secteur industriel au Canada, qui est producteur d'énergie primaire et consommateur d'énergie secondaire. Le secteur est composé de nombreux établissements, dont les suivants qui comptent plus de 100 employées[17] : la fabrication (3 505), la construction (1 308), l'exploitation minière, pétrolière et gazière (430), l'agriculture (261) et les services publics (126). La diversité du secteur industriel se traduit par de nombreuses associations nationales représentant les différents procédés de fabrication.

Le secteur industriel utilise principalement l'énergie pour la force motrice, le chauffage et le séchage des matières premières ainsi que la production de vapeur. Les flux d'énergie de procédé présents sont, en fait, supérieurs à ce qu'indiquent les chiffres d'achat de l'énergie étant donné que certains procédés transforment également une fraction des matières premières en énergie de procédé (par exemple, la pétrochimie ou les pâtes et papiers). Une partie de l'énergie de procédé utilisée est également renvoyée dans le procédé pour être réutilisée lorsque possible. Dans l'ensemble, le secteur industriel représente 30,6 % de la consommation d'énergie secondaire et 22,1 % des émissions de GES liées à l'énergie secondaire au Canada, ce qui en fait le deuxième plus grand émetteur de GES après l'industrie du transport.

Le secteur de la fabrication comprend six grands sous-secteurs énergivores à vocation unique (mines, pâtes et papiers, fer et acier, fonte et raffinage, produits chimiques et pétrole) qui consomment près de 77 % de l'énergie totale achetée.

[17] STATISTIQUE CANADA. « Établissements : économie canadienne (NAICS 11-91) ». Statistiques relatives à l'industrie canadienne (SIC). [En ligne]. Mars 2014. https://www.ic.gc.ca/app/scr/sbms/sbb/cis/etablissements.html?code=11-91&lang=fra

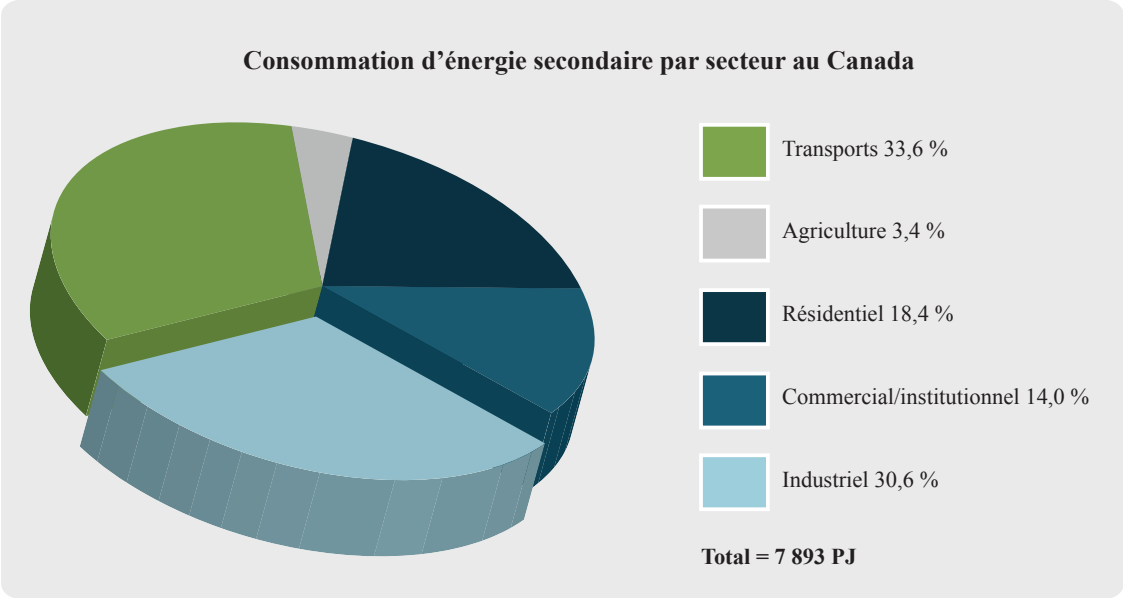


Figure 15 : Consommation d'énergie secondaire par secteur au Canada

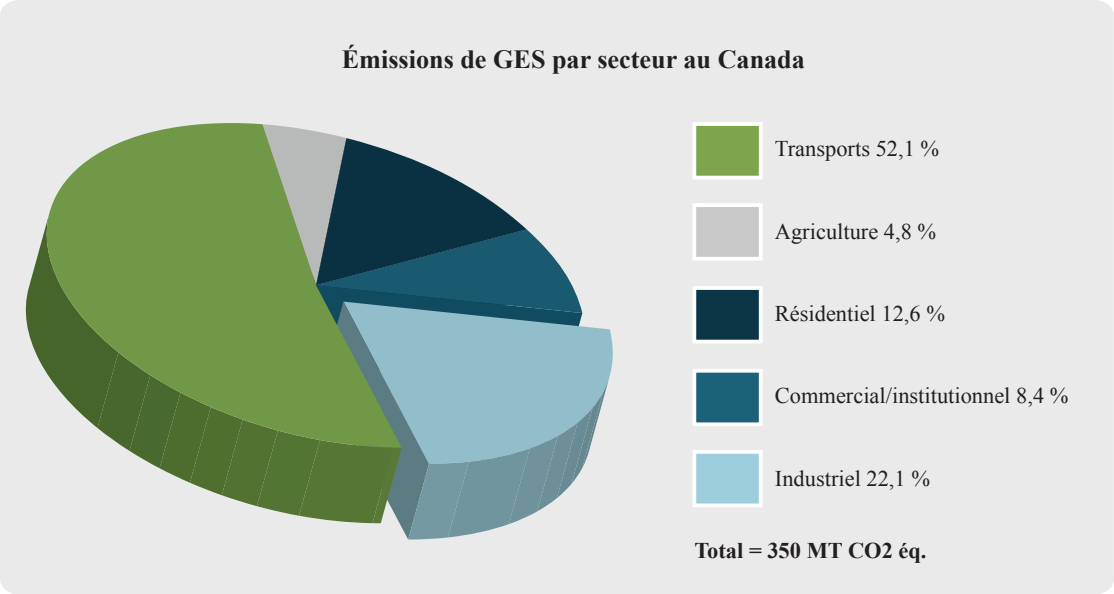


Figure 16 : Émissions de GES par secteur au Canada

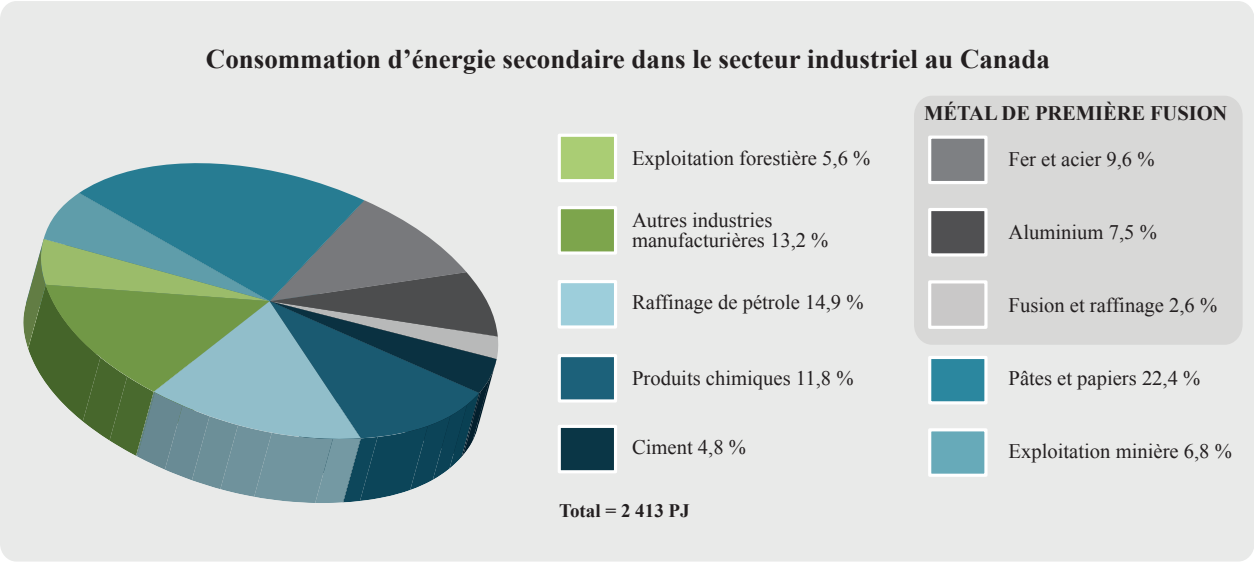


Figure 17 : Consommation d'énergie secondaire industrielle au Canada

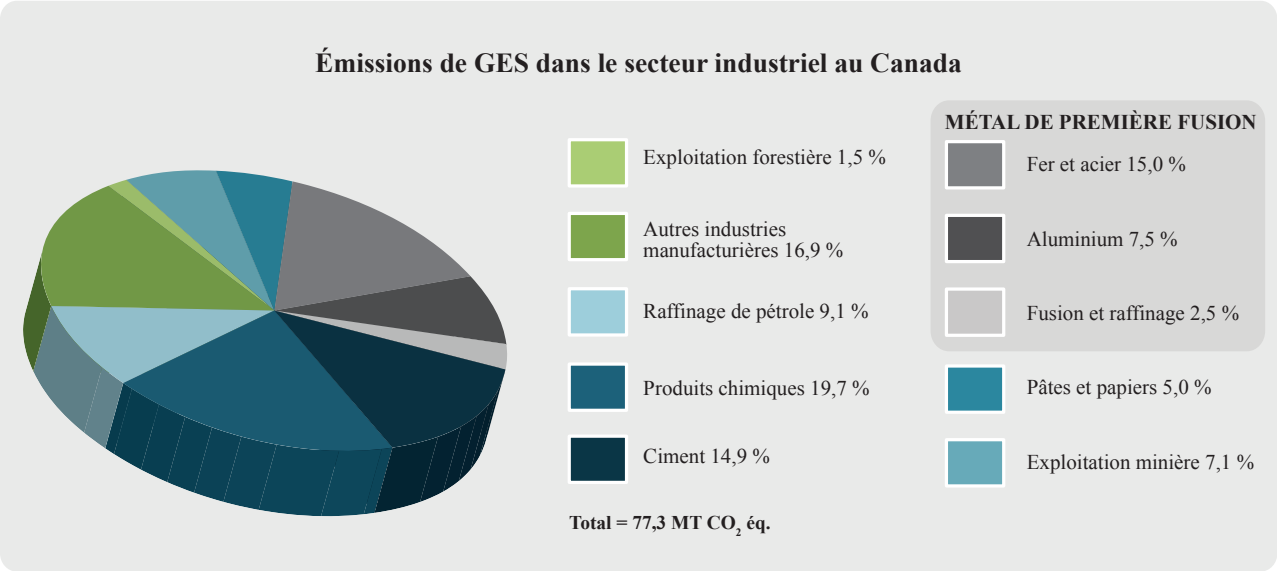


Figure 18 : Émissions de GES industrielles au Canada

Références

CANADIAN INDUSTRIAL ENERGY END-USE DATA AND ANALYSIS CENTRE (CIEEDAC). « CIEEDAC Database ». [En ligne]. http://www2.cieedac.sfu.ca/index.html

COLLECTIF. MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES, DES RÉGIONS ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE. « Potentiel énergétique des rejets thermiques industriels au Québec ». Québec. Innovagro consultants. 2010, 31 p.

ASSOCIATION DES PRODUITS FORESTIERS DU CANADA (APFC). « Vision 2020 – L'avantage naturel du Canada ». [En ligne]. http://www.fpac.ca/index.php/fr/page/vision2020

STATISTIQUE CANADA. « Établissements : économie canadienne (NAICS 11-91) ». Statistiques relatives à l'industrie canadienne (SIC). [En ligne]. Mars 2014. https://www.ic.gc.ca/app/scr/sbms/sbb/cis/etablissements.html?code=11-91&lang=fra

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE (AIE). « Energy Technology Perspectives 2012 - How to secure a clean energy future ». [En ligne]. http://www.iea.org/etp/etp2012/

RESSOURCES NATURELLES CANADA. « Construire des alliances puissantes – Priorités et orientations en sciences et en technologies énergétiques au Canada ». Rapport du Groupe consultatif national sur les sciences et technologies relatives à l'énergie durable. Bureau de recherche et de développement énergétiques. 2006, 81 p.

RESSOURCES NATURELLES CANADA. « Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) ». [En ligne]. http://www.rncan.gc.ca/energie/efficacite/industrie/peeic/5154

RESSOURCES NATURELLES CANADA. « Guide de données sur la consommation d'énergie : 1990 à 2010 ». [Document électronique]. 2013, 98 p. http://publications.gc.ca/collections/collection_2013/rncan-nrcan/M141-11-2010-fra.pdf

RESSOURCES NATURELLES CANADA. « Financement des études d'intégration des procédés de RNCan ». [En ligne]. http://www.rncan.gc.ca/energie/efficacite/industrie/procedes/optimisation/integration/financement/5548

RESSOURCES NATURELLES CANADA. « Investissements dans la transformation de l'industrie (ITIF) ». [En ligne]. http://www.rncan.gc.ca/forets/programmes-federaux/13140

RESSOURCES NATURELLES CANADA. « Opportunities for Canadian Energy Technologies in Global Markets ». McKinsey & Company Report. [Document électronique]. 2012. http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/files/pdf/2013/McK-Report-eng.pdf

RESSOURCES NATURELLES CANADA. « L'établissement d'un avantage durable en matière de ressources pour le Canada grâce à la science et la technologie ». [Document électronique]. 2010, 28 p. http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/rncan-nrcan/M4-96-2010-fra.pdf

SRI INTERNATIONAL. « Innovation Programs, SRI's Five Disciplines of Innovation ». [En ligne]. http://www.sri.com/engage/innovation-programs/five-disciplines-innovation

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). « Energy Loss Reduction and Recovery in Industrial Energy Systems, Technology Roadmap ». Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Energetics Inc., 2004, 55 p. [Document électronique]. http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/intensiveprocesses/pdfs/reduction_roadmap.pdf

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). « Waste Heat Recovery: Technology and Opportunities in U.S. Industry ». Industrial Technologies Program. BCS Inc., mars 2008. [Document électronique]. http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/intensiveprocesses/pdfs/waste_heat_recovery.pdf

CanmetÉNERGIE
Leadership en écoInnovation

CanmetÉNERGIE
Ressources naturelles Canada
1615 boul. Lionel-Boulet, B.P. 4800
Varennes (QC) J3X 1S6
Téléphone : 1 450-652-4621
Télécopieur : 1 450-652-5177
www.rncan.gc.ca