



# Résumé de recherche de CanmetÉNERGIE : Planification d'une zone de réseau interactif avec l'électricité produite par des formes variées d'énergie renouvelable

## Introduction

Le projet de recherche sur les zones de réseau interactif, un projet quinquennal mené de 2011 à 2015, avait pour but d'acquérir des connaissances et de concevoir des outils pour la planification de zones de réseau interactif avec l'électricité produite par des formes variées d'énergie renouvelable. Les contributions à la recherche étaient axées sur les aspects suivants :

- a. la modélisation et la définition des charges résidentielles, de la production d'énergie renouvelable et du stockage de cette énergie;
- b. la conception et la simulation d'infrastructures de réseau électrique et de solutions en matière de réseau intelligent permettant d'accroître la portée des énergies renouvelables et la sécurité et la fiabilité des réseaux.

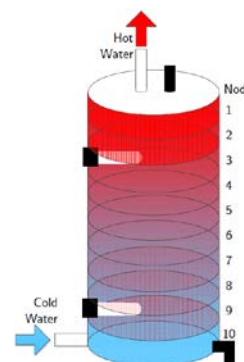
Le projet de recherche mettait l'accent sur les possibilités nouvelles et à venir. Le réseau intelligent, avec ses capacités de communications bidirectionnelles, promet d'offrir de nouvelles possibilités de participation active des charges résidentielles au réseau d'électricité. Représentant un tiers de la consommation d'électricité au Canada, les nombreuses petites charges du secteur résidentiel se prêtent bien à un programme de gestion de la demande (GD), soit la déviation contrôlée de la charge, et du stockage de l'énergie (sans accumulateurs) à peu de frais.

## Modélisation d'options de stockage thermique résidentiel

Les plus grandes charges du secteur résidentiel découlent du chauffage, de la climatisation et du chauffage de l'eau domestique à l'électricité. Ces charges sont responsables d'une part importante de la consommation d'énergie et des pointes de charge du réseau électrique. Ces caractéristiques, conjuguées à la capacité de stockage thermique de chaque charge, en font des options prometteuses pour la gestion de la demande. CanmetÉNERGIE a donc caractérisé, modélisé et évalué le potentiel des charges résidentielles importantes comme ressources pour la gestion de la demande.

## Intégration des chauffe-eau électriques au réseau intelligent

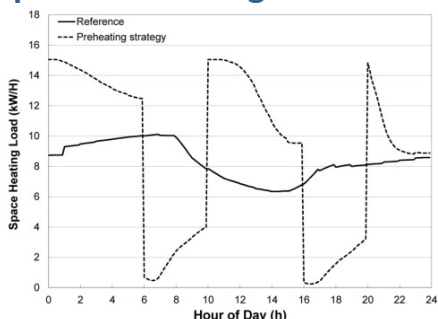
Les chauffe-eau électriques sont utilisés depuis longtemps par les programmes de gestion de la demande, par exemple pour l'écêtement de la demande de pointe. Grâce aux récents progrès des technologies de réseau intelligent, il est maintenant possible d'exploiter le plein potentiel de stockage des chauffe-eau électriques. Dans le cadre de cette recherche, des études (appuyées par la théorie, les simulations et les expériences menées en laboratoire) ont été réalisées afin de mieux comprendre le fonctionnement individuel et en groupe des chauffe-eau électriques. On a découvert qu'il était possible d'utiliser un stockage d'énergie entre 3 et 6 kWh par chauffe-eau électrique pour la gestion de la demande, en privilégiant une stratification de la température de l'eau. Ces



travaux ont également exploré les effets saisonniers et la taille de la population, et les résultats ont été résumés dans un guide pratique intitulé « *Designing, Operating, and Simulating Electric Water Heater Populations for the Smart Grid* » [4] conçu pour toute personne envisageant la construction et la gestion de chauffe-eau électriques connectés à un réseau intelligent.

Les expériences et la simulation ont démontré les avantages associés à la stratification de l'eau dans les applications de gestion de la demande pour les chauffe-eau.

## Modèles d'habitation pour évaluer le potentiel en matière de gestion de la demande pour le chauffage et la climatisation



Profils de charges de chauffage pour 1 000 habitations du Québec – le préchauffage réduit la charge de 9 kW/habitation à 6 h et de 7 kW/habitation à 9 h

Bien que les thermostats programmables offrent des perspectives de stockage thermique résidentiel intéressantes, il n'existait aucun outil ou modèle permettant de quantifier ce potentiel pour des populations importantes. Un modèle et un outil de simulation faciles à déployer ont été créés dans le cadre de cette recherche afin d'estimer le potentiel de gestion de la demande de chauffage et de climatisation qu'offrent les grandes collectivités au Canada. Consultez le document intitulé « *A Housing Model to Evaluate the Impact of Space Heating and Cooling Demand Response Strategies in Canada* » [6]. Ce modèle à quatre capacités a été conçu pour traiter les données des ménages déjà existantes et effectuer des prévisions de température, de prélèvement de courant et de réponse aux horaires des thermostats à la minute ou à

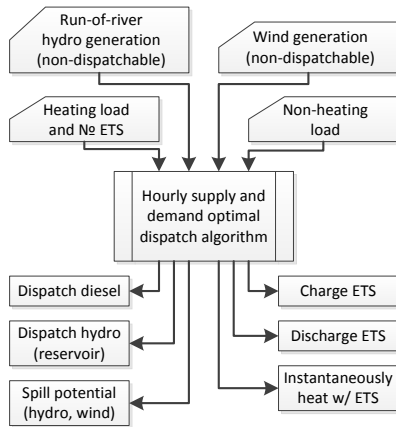
l'heure. Ce modèle permet d'effectuer des simulations rapides dans le cadre d'études sur la population régionale à grande échelle.

Le modèle a permis d'explorer le mécanisme d'utilisation des enveloppes thermiques pour la gestion de la demande. Des méthodes d'évaluation du potentiel de gestion de la demande des enveloppes thermiques des bâtiments ont été mises au point et le potentiel de réserve type et d'écêtement de la demande de pointe a été évalué pour les habitations canadiennes offrant la possibilité de régler la température de retour pour prévoir l'écêtement de la demande de pointe et la conservation d'énergie.

## Études portant sur l'intégration des systèmes d'énergies renouvelables

Plusieurs provinces ont également mené des études sur l'intégration des systèmes, explorant les capacités de gestion de la demande dans le secteur résidentiel pour permettre la production d'énergie renouvelable (éoliennes et panneaux photovoltaïques) dans les productions et les charges existantes.

### Yukon – Intégration de l'énergie éolienne aux accumulateurs thermiques centraux (ATC)



Les ATC, qui prennent généralement la forme de briques chauffées contenues dans un boîtier isolé, peuvent servir à modifier la demande de chauffage électrique sans nuire au confort des occupants. Dans le cadre de ces travaux de recherche, on a élaboré une méthode visant à évaluer dans quelle mesure les ATC peuvent être utilisés dans un réseau hydroélectrique isolé afin d'accélérer l'adoption de la production

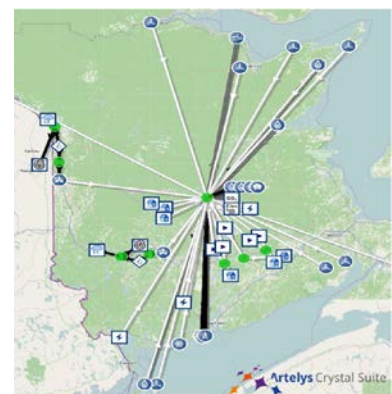
Un modèle mathématique a été créé pour prévoir l'intégration d'un système de taille moyenne aux ATC et à l'énergie éolienne.

d'électricité produite par des formes variées d'énergie renouvelable [10]. Une étude de cas réalisée par le réseau électrique du Yukon a démontré que les ATC et l'énergie éolienne pouvaient être efficaces pour réduire la consommation de diesel en recueillant une énergie

éolienne qui serait gaspillée (bien que les coûts initiaux élevés demeurent un obstacle). L'étude a démontré qu'il était nécessaire d'accroître l'étendue d'ATC intelligents (par opposition aux ATC gérés en fonction de la tarification par compteur horaire).

### Nouveau-Brunswick – Réduction des coûts de production grâce à la gestion de la demande résidentielle

À l'aide des données existantes, on a créé un modèle reproduisant le système de production d'énergie global du Nouveau-Brunswick afin d'étudier dans quelle mesure la latitude offerte par les ATC et les chauffe-eau électriques pouvait être profitable aux projets d'énergie éolienne en cours ou proposés [8]. Par l'application d'approches optimales d'allocation des groupes de production et de distribution (établissement des coûts), il s'est avéré qu'une plus forte capacité d'ATC avait permis de réaliser des économies de coûts d'énergie plus importantes, et que la disponibilité à l'année des chauffe-eau électriques convenait à la réduction de la compression de la production d'énergie renouvelable. À l'instar de l'étude menée au Yukon, les auteurs ont conclu que les appareils intelligents présentaient des avantages supérieurs par rapport aux approches de tarification par compteur horaire.



Le Nouveau-Brunswick a été choisi pour son vaste éventail de types de production (nucléaire, charbon, pétrole, hydroélectrique et éolienne).

## Ontario – Options de mesure et d’atténuation de la surcapacité des éoliennes

La surcapacité peut être définie comme suit : i) la plupart ou l’ensemble des génératrices de base fournissent de l’énergie à leurs niveaux minimaux de charge; ii) une ou plusieurs génératrices sont restreintes pour éviter une production excédentaire; ou iii) une ou plusieurs génératrices d’énergie renouvelable sont restreintes pour éviter une production excédentaire. Une offre excédentaire entraîne une foule d’inconvénients, y compris la baisse du prix de l’électricité ou un prix négatif, la restriction de la production d’énergie de sources renouvelables, l’augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES) et l’ajout de restrictions à la production d’énergie renouvelable. Dans le cadre de cette recherche, on a évalué diverses méthodes visant à repérer la surcapacité au moyen des données publiées. Ces méthodes ont ensuite été démontrées par l’application sur le réseau ontarien, en imposant un ensemble de moyens de production renouvelables [1]. Ces travaux ont permis de confirmer les avantages éventuels de la gestion de la demande des chauffe-eau électriques pour favoriser une forte étendue des énergies renouvelables [2, 3].

## Sondage sur le potentiel et les possibilités de la GD

Le chauffage, la climatisation et le chauffage de l’eau domestique à l’électricité offrent le plus grand potentiel technique pour la gestion de la demande dans le secteur résidentiel. Cependant, pour des raisons géographiques, climatiques, historiques et liées aux ressources, la disponibilité de ces sources de gestion de la demande varie grandement en fonction de la région du pays (par exemple, le chauffage électrique est utilisé couramment au Québec, mais pas en Alberta). En tenant compte de cette diversité, on estime qu’il existe un potentiel de gestion de la demande supérieur à 39 GW/85 GWh pour les charges résidentielles [7].

Service	C.-B.	Alb. et Sask.	Man.	Ont.	Qc	N.-B.	N.-É.	Î.-P.-É.	T.-N.-L.
<b>Chauffage des pièces</b>									
Réglementation	↗	-	↗	↑	·	-	↗	-	·
Suivi de la charge	-	-	-	-	-	-	↑	-	·
Rotation	↗	-	↗	↗	·	↑	↑	-	·
Non-rotation	↗	-	↗	↗	·	↗	↗	-	·
Remplacement	-	-	-	-	·	↑	↑	-	·
<b>Climatisation</b>									
Réglementation	-	-	↗	↗	-	-	-	-	-
[Autres services]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Chauffage de l’eau</b>									
Réglementation	↗	-	↗	↑	·	-	↗	-	·
Suivi de la charge	-	-	-	-	-	-	↑	-	·
Rotation	↗	-	↗	↗	·	↑	↑	↑	·
Non-rotation	↗	-	↗	↗	·	↗	↗	↗	·
Remplacement	-	-	-	-	·	↑	↑	↑	·

En plus de favoriser une plus grande utilisation des énergies renouvelables, la GD a d’autres aspects rentables – notamment l’offre de services auxiliaires (ressources dédiées au soutien de la distribution d’énergie par le réseau électrique général). Comme le potentiel de GD, la valeur de ces services varie considérablement selon la région. Cette étude portait sur la définition des services auxiliaires en place et la détermination de leur potentiel en fonction des différentes ressources de GD possibles, tout en tenant compte de la technologie et de la disponibilité [7].

Le service auxiliaire et le potentiel de GD résidentiel, tels qu’évalués en mesurant le potentiel technique de GD avec la taille et la valeur du service auxiliaire offert dans chaque province, est classé comme faible (-), moyen (↗) ou élevé (↑).

---

## Sensibilisation et autres initiatives

- Atelier sur la gestion de la demande (biennal, contactez les responsables pour en savoir plus)
- Contributions à divers rapports de l'Agence internationale de l'énergie, y compris « Harnessing Variable Renewables: A Guide to the Balancing Challenge », « Smart Grid Roadmap », « Energy Technology Perspectives » et « Impact of Smart Grid Technologies of Peak Load »
- Article publié dans *La revue canadienne de l'IEEE* « Delivering more clean electricity with virtual power plants » [5]
- DSMLab, un outil pour évaluer la gestion de la demande et le potentiel d'intégration des énergies renouvelables dans les réseaux de distribution [9]

---

## Membres de l'équipe et partenaires

**Équipe :** Josef Ayoub · David Beauvais · Jonathan Colombe · Véronique Delisle · Alexandre Gagné · Wajid Muneer · Salman Nazir · Sophie Pelland · J-P Pinard · Alexandre Prieur · Steven Wong

**Partenaires :** Artelys Crystal · École Polytechnique de Montréal · Sherbrooke Hydro · Direction générale de l'énergie du Yukon

## Renseignements supplémentaires

Ce projet a été réalisé grâce au soutien financier de 1,1 million de dollars offert par le Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE) de RNCAN. Pour obtenir les rapports complets, veuillez visiter le site <http://www.rncan.gc.ca/energie/bureaux-labos/canmet/5716> ou faire parvenir un courriel à [NRCAN.canmetenergy-canmetenergie.RNCAN@canada.ca](mailto:NRCAN.canmetenergy-canmetenergie.RNCAN@canada.ca).

## Publications

- [1] Steven Wong et Sophie Pelland. « Power System Oversupply: Scenario Analyses with and without Renewable Energy », rapport n° 2012-201 (RP-TEC), CanmetÉNERGIE, Centre de recherche de Varennes, Ressources naturelles Canada, janvier 2013.
- [2] Steven Wong et Sophie Pelland. « Mitigation Approaches to Power System Oversupply with Residential Electric Water Heater Demand Response », rapport n° 2012-246 (RP-TEC), CanmetÉNERGIE, Centre de recherche de Varennes, Ressources naturelles Canada, janvier 2013.
- [3] Steven Wong et Sophie Pelland. « Demand response potential of water heaters to mitigate minimum generation conditions », *2013 IEEE Power & Energy Society General Meeting*, Vancouver, C.-B., 2013.
- [4] Steven Wong, Wajid Muneer, Salman Nazir et Alexandre Prieur. « Designing, Operating, and Simulating Electric Water Heater Populations for the Smart Grid », rapport n° 2013-136 (RP-TEC), CanmetÉNERGIE, Centre de recherche de Varennes, Ressources naturelles Canada, octobre 2013.
- [5] David Beauvais, Steven Wong, Alexandre Prieur, Wajid Muneer, Salman Nazir et Philippe Mabilieu. « Delivering More Clean Electricity with Virtual Power Plants », *La revue Canadienne de l'EEE*, n° 73, p. 26-32, mars 2015.
- [6] Véronique Delisle, Alexandre Gagné et Steven Wong. « A Housing Model to Evaluate the Impact of Space Heating and Cooling Demand Response Strategies in Canada », rapport n° 2015-054 (RP-TEC), CanmetÉNERGIE, Centre de recherche de Varennes, Ressources naturelles Canada, avril 2015.
- [7] Steven Wong. « Canadian Residential Demand Response and Ancillary Service Market Opportunities », rapport n° 2015-022 (RP-TEC), CanmetÉNERGIE, Centre de recherche de Varennes, Ressources naturelles Canada, avril 2015.
- [8] Steven Wong. « Residential Smart Heating Benefits: A New Brunswick Case Study », rapport n° 2015-158 (RP-TEC), CanmetÉNERGIE, Centre de recherche de Varennes, Ressources naturelles Canada, avril 2015.
- [9] Jonathan Coulombe. « Simulating Residential DR with DSMLab », document n° 2015-199 (PP-PRE), CanmetÉNERGIE, Centre de recherche de Varennes, Ressources naturelles Canada, novembre 2015.
- [10] Steven Wong et Jean-Paul Pinard. « Opportunities for Smart Electric Thermal Storage on Electric Grids With Renewable Energy », *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2016 [sous presse].