

Une définition intégrée de la pointe de demande d'électricité dans les régions de climat froid : intérêts, et avantages stratégiques et opérationnels

RÉSUMÉ

Auteurs
Éloïse Edom
Normand Mousseau

Octobre 2025

Une définition intégrée de la pointe de demande d'électricité dans les régions de climat froid : intérêts, et avantages stratégiques et opérationnels

RÉSUMÉ

Éloïse Edom, M. Sc. A. – Associée de recherche, Institut de l'énergie Trottier

Normand Mousseau, Ph. D – Directeur scientifique, Institut de l'énergie Trottier et professeur de physique, Université de Montréal

À propos de l'Institut de l'énergie Trottier (IET)

La création de l'Institut de l'énergie Trottier (IET) a été rendue possible, en 2013, grâce à un don exceptionnel de la Fondation familiale Trottier à Polytechnique Montréal. Depuis, l'IET prend part à tous les débats énergétiques au pays. À l'origine de grandes réflexions collectives, l'équipe mobilise les savoirs, analyse les données, vulgarise les enjeux et recommande des plans justes et efficaces. L'IET contribue également à la recherche et à la formation universitaires. Son indépendance lui confère une neutralité essentielle à l'approche collaborative qu'il préconise, facilitant le travail avec les acteurs les plus aptes à faire avancer la transition énergétique, tout en lui permettant d'être librement critique lorsque pertinent.

Alors que le mandat initial d'une durée de dix ans arrivait à échéance, la Fondation familiale Trottier a choisi de renouveler sa confiance à l'égard de l'IET et d'accorder un nouveau don. L'IET s'étant forgé un statut d'institution incontournable et au vu de la portée de ses actions, il a été jugé souhaitable de prolonger son mandat. L'équipe pourra ainsi continuer d'offrir des avis fondés sur la science et d'enrichir le dialogue sociétal, ceci afin de faire progresser la façon dont nous produisons, convertissons, distribuons et utilisons l'énergie.

Web : iet.polymtl.ca

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Scientifique en chef du Québec pour le soutien financier ayant permis la réalisation de cette étude.

Ils remercient également Florient Thomas, stagiaire à l'IET, pour sa contribution dans le traitement de données, ainsi que toutes les relectrices et tous les relecteurs de l'étude notamment, Alain Sayegh, Aurélie Vérin, Geneviève Gauthier, Jean-Philippe Hardy, Justin Tamasauskas, Louis-Philippe Proulx

Avertissement

Ce rapport n'engage que la responsabilité des auteurs.

Pour citer ce rapport : Edom, É., Mousseau, N. (2025). *Une définition intégrée de la pointe de demande d'électricité dans les régions de climat froid : intérêts, et avantages stratégiques et opérationnels*. Institut de l'énergie Trottier, Polytechnique Montréal.

© 2025 Institut de l'énergie Trottier, Polytechnique Montréal.

I. Contexte

Notre démarche globale vise à repenser la gestion de la demande de pointe hivernale d'électricité afin de faciliter l'atteinte des objectifs climatiques du Québec et du Canada par une électrification accrue de la société ; cet enjeu, déjà présent au Québec, devrait toucher l'ensemble des provinces canadiennes à mesure que le chauffage des bâtiments s'électrifie.

La première étape de cette démarche a été de réaliser un état des lieux des approches de gestion de la demande de pointe d'électricité au Québec et dans d'autres régions du monde¹. **La présente étude complète une seconde étape, qui consiste à caractériser la pointe hivernale québécoise.**

2. L'intérêt d'une telle approche

2.1. Puissance, énergie, temporalité

La *définition intégrée de la pointe* qui est proposée par cette étude **caractérise la temporalité des épisodes de pointe, et le rapport entre la puissance et l'énergie** de ces épisodes de manière cohérente, à la fois au niveau d'un réseau complet et d'un bâtiment. En effet, cette approche définit ce que représente le phénomène de pointe par rapport à la saison hivernale, mais elle définit aussi ce qu'est un épisode de pointe critique, qui est l'épisode de plus grande énergie. En qualifiant la relation entre la puissance, l'énergie et la temporalité de l'épisode de pointe critique, **cette démarche permet d'estimer, par approvisionnement, les besoins de stockage pour être en mesure de réduire la pointe absolue du système considéré.**

2.2. Contributions structurantes et complémentaires

Un cadre supportant un bouquet de solutions

Cette définition intégrée permet de repenser le maintien du service énergétique qu'est le confort thermique en définissant des paramètres d'accumulation à respecter sans pour autant spécifier une technologie en particulier. C'est une approche opérationnalisable qui offre un cadre qui reste pertinent dans le temps dans un contexte d'innovation rapide.

Une opportunité pour plus de résilience

Par ailleurs, une telle définition permet d'intégrer la gestion de la pointe et les enjeux de résilience des services énergétiques dans un futur fortement électrifié. Ainsi, **des systèmes d'accumulation distribués peuvent contribuer à maintenir un certain niveau de service** lors d'épisodes de phénomènes météorologiques extrêmes impactant les infrastructures du réseau, ce qui est complémentaire aux efforts pour améliorer la résilience de l'approvisionnement et de la distribution énergétique.

¹ Edom, É., Beaumier, L., & Mousseau, N. (2023). *Gestion de la demande de pointe d'électricité au Québec dans un contexte de décarbonation*. Institut de l'énergie Trottier, Polytechnique Montréal.
<https://iet.polymtl.ca/publications/rapport/rapport-gestion-de-la-demande-de-pointe-deelectricite-au-quebec-dans-un-contexte-de-decarbonation/>

3. Caractérisation de la pointe des hivers 2021-2022 et 2022-2023 : une approche intégrée

3.1. Méthodologie de l'étude

Dans cette étude, l'accent est mis sur le critère de puissance maximale appelée. On suppose qu'un **événement de pointe est en cours lorsque la puissance appelée sur le réseau atteint ou dépasse une valeur seuil**. Cette valeur seuil est nommée « **puissance plafond** ».

Pour définir de manière intégrée la pointe, nous évaluons, dans un premier temps, la demande de puissance maximale moyenne du réseau pour des périodes moyennées sur des intervalles croissants (puissance *plafond*), allant d'une heure à 1000 heures. Cette approche permet d'identifier des *plateaux* naturels. Dans un deuxième temps, nous évaluons, l'énergie associée à tous les événements de pointes qui dépassent ces valeurs plafond, ce qui permet d'établir un lien clair entre énergie, puissance et durée pour les événements de pointe de demande électrique. L'analyse est d'abord réalisée à l'échelle du réseau électrique québécois, puis à l'échelle d'une maison.

3.2. Points à retenir découlant de l'analyse à l'échelle du réseau du Québec

Les principaux points qui ressortent de l'analyse à l'échelle du réseau électrique québécois sont :

- Dans le contexte québécois, par exemple, un lissage sur 72 heures, permet d'atteindre des gains en réduction de puissance de 13 à 15 %. Cette durée, trois jours, ici, est aussi liée à l'influence de la météorologie québécoise (phénomène des grands froids) sur les pointes. **Pour les années considérées dans ce rapport, la quantité maximum d'énergie à déplacer pour limiter la demande de puissance à la puissance-plafond représente 97,3 GWh, soit 4,5 heures de demande moyenne annuelle (à 21,7 GW) et l'équivalent de la capacité de stockage d'un peu moins de 1,5 million de voitures électriques (à 65 kWh par véhicule).**
- **La méthodologie retenue permet également de souligner les différences fondamentales entre les divers types de pointes – quotidiennes, estivales et hivernales – que les définitions habituelles ne permettent pas de caractériser (voir Figure 1).**
- Cette méthodologie permet de séparer la définition du problème du choix de solutions technologiques ou économiques particulières.

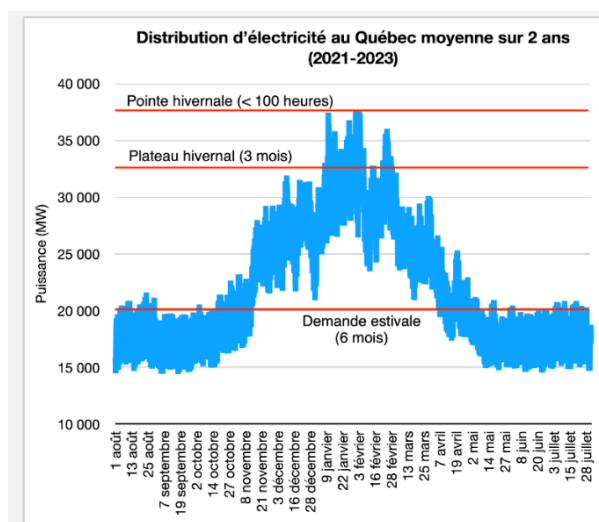


FIGURE 1 : COURBE DE DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ AU QUÉBEC MOYENNÉE SUR DEUX ANS (2021-2023)

Cette figure illustre la structure de la demande en électricité au Québec, où une grande partie du chauffage des bâtiments est électrifiée. On voit bien que l'amplitude des pics de demande quotidiens et estivaux sont sans bien inférieure à l'impact de la demande de base pour le chauffage hivernal (plateau hivernal) et les pointes associées aux périodes de grands froids.

3.3. Qu'est-ce que cela signifie pour une résidence ? Points à retenir

Afin de définir à quoi correspond la pointe de demande d'électricité du point de vue du consommateur résidentiel, l'analyse de la pointe appliquée au niveau du réseau québécois est reprise, avec quelques ajustements. Cela permet de caractériser l'ampleur des transferts énergétiques imposés par un plafond sur la puissance d'une maison.

Nous modélisons la demande d'un archétype d'une maison moderne soumis aux conditions météorologiques québécoises, pour à deux technologies de chauffage soient, les plinthes électriques et les thermopompes air-air.

Les principaux points à retenir découlant de l'analyse à l'échelle d'une maison sont :

- La définition de la pointe présentée dans cette étude nous permet d'aborder de manière très similaire la pointe de demande par bâtiment et celle du réseau de distribution, ce qui montre le caractère intégré de cette approche. De plus, **la correspondance entre les deux niveaux facilite les discussions à plusieurs échelles, mais aussi l'application de cette définition dans les régions qui n'ont pas encore électrifié leur chauffage².**
- **Grâce à l'approche visant à écrêter la demande, la quantité d'énergie à déplacer ou à éliminer par rapport à la puissance plafond s'avère faible.** Ainsi, dans le cas d'un chauffage par thermopompe, une réduction de 14 % de la pointe sur une durée d'environ 72 heures requiert de déplacer **entre 9 et 34 kWh** seulement.³

4. Évaluation des coûts et des économies associés avec l'imposition d'une puissance plafond

Afin de comparer les gains potentiels pour le distributeur d'une telle méthode de gestion de la pointe et le coût du déploiement de solutions chez les clients, quelques technologies types sont considérées. **Cette estimation montre que l'application de l'approche intégrée pour la gestion de la pointe permettrait de réduire les coûts totaux tout en augmentant la résilience au niveau des clients.**

Ainsi, le coût des technologies de stockage, en particulier les technologies électrochimiques, diminue de manière importante depuis plusieurs années. Par exemple, les prix moyens des batteries lithium-ion ont chuté de plus de 80 % entre 2014 et 2024⁴. Selon les projections du NREL et selon les tendances observées en Chine, d'ici 2030, le coût au kilowatt des systèmes distribués de batteries pourra varier de quatre fois plus cher à deux fois moins cher que les coûts évités projetés par Hydro-Québec⁵.

² Les observations réalisées suggèrent qu'il est possible, à l'aide de la méthode présentée dans cette étude, d'extrapoler les impacts sur le réseau à partir du parc de bâtiments.

³ En comparaison, par exemple, une batterie de voiture électrique typique peut stocker entre 65 et 80 kWh.

⁴ <https://about.bnef.com/insights/commodities/lithium-ion-battery-pack-prices-see-largest-drop-since-2017-falling-to-115-per-kilowatt-hour-bloombergnef/>

⁵ Coût évité projeté par Hydro-Québec = 249 \$/kW ; Projections NREL et tendance Chine : min = 50 \$/kW/an et max = 809 \$/kW/an. (voir sections 5.2.1 et 5.2.2)

5. Opportunité de mise à l'échelle rapide dans le secteur du bâtiment

Le Canada a lancé en avril 2024 son plan « Résoudre la crise du logement : Plan du Canada sur le logement ». Ce plan vise à soutenir l'augmentation de l'offre de logements, et à augmenter leur accessibilité. Selon de récentes prévisions de la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), il faudrait environ 330 000 nouveaux logements à l'horizon 2030 pour répondre adéquatement à la demande⁶.

La construction de nombreux nouveaux logements à court et moyen termes est une occasion parfaite pour mettre en place des solutions et de nouvelles normes soutenant la décarbonation et l'électrification des bâtiments et avoir un impact à grande échelle.

6. Conclusion

La gestion de pointe est un défi intrinsèquement complexe. Dans le contexte d'électrification à grande échelle, la pointe de demande d'électricité hivernale risque d'être un frein majeur, et pourrait être un facteur exerçant une pression à la hausse sur les coûts de la transition si des solutions structurantes ne sont pas mises en place.

Dans cette étude, **un cadre de définition intégré du phénomène de pointe de demande hivernale** est proposé. Plus spécifiquement, une définition alternative d'un épisode de pointe critique a été présentée. **Cette définition caractérise formellement le rapport entre la puissance, l'énergie et la temporalité d'un épisode de pointe.** Cela a permis de définir les ordres de grandeur des paramètres d'accumulation nécessaires pour déplacer des épisodes de pointe à l'échelle d'abord du réseau électrique québécois puis d'une maison, **indépendamment du choix technologique ou tarifaire pour répondre au besoin identifié.**

Appliquée au secteur des bâtiments, cette approche peut **permettre d'opérationnaliser le déploiement d'un bouquet de solutions** en offrant de la **flexibilité** et une **mise en œuvre moins complexe** que pour les grands projets d'infrastructure. Par ailleurs, intervenir à une **échelle distribuée** est une **opportunité pour améliorer la résilience du côté client, à travers les services énergétiques**, en complément de la résilience de l'approvisionnement et de la distribution énergétique.

⁶ SCHL. (2023). *Estimation de l'offre de logements dont nous aurons besoin d'ici 2030*. <https://www.cmhc-schl.gc.ca/observateur-du-logement/2023/estimation-offre-logements-nous-aurons-besoin-ici-2030>