



Construire le futur réseau électrique du Canada

Une feuille de route pour les chaînes d'approvisionnement et les politiques

Janvier 2026

ELECTRO
FEDERATION
CANADA **EFC**

 **dunsky**
Energy + Climate

Envoyée à :



Électro-Fédération Canada

Carol McGlogan
Présidente et cheffe de la direction
www.electrofed.com

Numéro de projet Dunsky : 25076

Préparée par :



Dunsky Énergie + Climat

50, rue Ste-Catherine Ouest, bureau 420
Montréal (Québec) H2X 3V4

<https://dunsky.com/fr/accueil/> |
info@dunsky.com
+ 1 514 504-9030

À propos de Dunsky



Dunsky accompagne les principaux gouvernements, services publics, entreprises et autres instances à travers l'Amérique du Nord dans leurs efforts visant à accélérer **la transition vers une énergie propre**, de manière efficace et responsable.

Grâce à notre expertise approfondie dans les secteurs du bâtiment, de la mobilité, de l'industrie et de l'énergie, nous accompagnons notre clientèle de deux manières : en réalisant des **analyses** rigoureuses (des possibilités techniques, économiques et commerciales) et en concevant ou en évaluant des **stratégies** (plans, programmes et politiques) visant à garantir leur réussite.

dunsky
Energy + Climate
ACCELERATING THE CLEAN ENERGY TRANSITION

ANALYSIS + STRATEGY

BUILDINGS **MOBILITY** **INDUSTRY** **ENERGY**

GOVERNMENTS **UTILITIES** **CORPORATE + NON-PROFIT**

Dunsky est une entreprise fièrement canadienne, qui possède des bureaux et du personnel à Montréal, Toronto, Vancouver, Ottawa et Halifax. Pour obtenir plus d'information, rendez-vous sur dunsky.com.

Sommaire exécutif

Le Canada entre dans l'ère de l'électricité. L'électrification rapide des transports, des bâtiments et de l'industrie, conjuguée à la croissance économique et à l'apparition de nouvelles charges importantes, telles que les centres de données IA, génère une demande en électricité sans précédent. Les prévisions nationales tablent sur une croissance de la demande comprise entre 62 et 112 % d'ici 2050, ce qui nécessitera de doubler approximativement l'approvisionnement en électricité tout en garantissant sa fiabilité, son accessibilité financière et sa sécurité. Parallèlement, le Canada s'est engagé à mettre en place un système électrique carboneutre d'ici 2050, ce qui confère un caractère d'urgence et ajoute à la complexité de l'expansion et de la modernisation du réseau.

Ce rapport examine comment les technologies de réseau peuvent faciliter cette transition, et identifie les domaines dans lesquels des mesures politiques sont les plus nécessaires pour favoriser le déploiement, attirer les investissements et renforcer les chaînes d'approvisionnement nationales. L'analyse porte sur les technologies de réseau prioritaires qui façonneront le système électrique canadien au cours de la prochaine décennie. Elles sont regroupées en trois catégories :

- 1. Infrastructure et maintien du réseau** : transformateurs de puissance et de distribution, appareillages de connexion et disjoncteurs, remplacement des conducteurs par des conducteurs de pointe.
- 2. Infrastructure et systèmes de réseau intelligent** : évaluation dynamique de la capacité des lignes, sous-stations numériques, capteurs et systèmes de surveillance du réseau, systèmes de contrôle avancés (SAGD/SGRED).
- 3. Flexibilité en périphérie du réseau et flexibilité de la demande** : systèmes de contrôle de puissance (p. ex., panneaux intelligents, systèmes de gestion de l'énergie), dispositifs de flexibilité de la demande en réseau (p. ex., bornes de recharge intelligentes pour véhicules électriques, thermostats intelligents).

Chaque technologie a été évaluée selon trois dimensions : (1) opportunité stratégique, (2) préparation et (3) obstacles au déploiement, selon des sondages sur l'industrie, des entrevues des services publics et des recherches indépendantes.

Principales conclusions

- **Toutes les technologies évaluées ont leur importance.** Chacune joue un rôle essentiel dans la transition énergétique du Canada, que ce soit en favorisant l'électrification, en garantissant la fiabilité du réseau, en intégrant une production d'énergie propre ou en gérant les coûts du système. Les possibilités sont nombreuses dans toutes les catégories.
- **La préparation technologique n'est pas la principale contrainte.** La plupart des technologies que nous avons évaluées ont atteint leur maturité commerciale ou ont fait leurs preuves à l'échelle internationale. Les lacunes en matière de déploiement reflètent des obstacles liés au système ou à l'organisation plutôt qu'un risque technique.
- **Les chaînes d'approvisionnement constituent l'obstacle majeur.** Pour le matériel essentiel du réseau électrique - notamment les transformateurs, les appareillages de connexion et les coupe-circuits, les longs délais d'approvisionnement (pouvant aller jusqu'à quatre ans), la hausse des coûts, la dépendance vis-à-vis des importations et l'exposition aux perturbations commerciales constituent désormais une vulnérabilité stratégique. Les services publics font état de retards dans les projets, d'une augmentation des coûts et de difficultés à raccorder de nouvelles charges et de nouvelles sources de production.

- **Les cadres réglementaires et normatifs ralentissent l'adoption de réseaux intelligents et exigent une certaine flexibilité.** La réglementation des services publics, les règles obsolètes en matière de recouvrement des coûts, ainsi que la fragmentation des codes et des normes ralentissent l'adoption de systèmes numériques et de solutions axées sur la demande, qui pourraient réduire les coûts, diminuer les émissions et reporter la modernisation des infrastructures.

Répercussions sur les politiques

Le défi auquel le Canada est confronté n'est plus de déterminer quelles technologies de réseau sont nécessaires. Il faut désormais s'attacher à lever les obstacles qui empêchent un déploiement à grande échelle, rapide et rentable. L'analyse met en évidence cinq domaines d'action prioritaires pour les décideur·euse·s politiques, les entreprises du secteur, les services publics et les organismes de réglementation :

1. **Développer et sécuriser les chaînes de fabrication et d'approvisionnement nationales** pour les équipements et composants essentiels du réseau, en recourant à l'agrégation de la demande, à un financement stratégique et à des mesures incitatives ciblées.
2. **Moderniser les cadres réglementaires des services publics** afin de permettre le recouvrement des coûts liés aux systèmes numériques, aux solutions sans fil et à la flexibilité de la demande.
3. **Harmoniser les codes et les normes techniques du réseau** pour améliorer l'interopérabilité, réduire la dépendance vis-à-vis des fournisseurs et accélérer le déploiement.
4. **Tester et déployer à grande échelle des solutions émergentes en matière de réseau** dans les conditions d'exploitation canadiennes afin de réduire les risques et de soutenir leur reproduction et leur déploiement à grande échelle.
5. **Donner des signaux politiques clairs et prévisibles à long terme** et accélérer le développement du réseau grâce à une rationalisation des procédures d'approbation et à un soutien fédéral en faveur des projets prioritaires de transport et de modernisation du réseau.

Le Canada fait face à une expansion et à une modernisation de son réseau d'une ampleur sans précédent, qui nécessitera des investissements de plusieurs centaines de milliards de dollars au cours de la prochaine décennie. Les technologies de réseau traditionnelles et numériques joueront un rôle central dans la mise en œuvre de cette transition, tout en renforçant la sécurité énergétique, la compétitivité, l'accessibilité financière et les objectifs de réduction des émissions. Des mesures politiques ciblées, notamment en matière de chaînes d'approvisionnement et de réglementation favorable, peuvent stimuler les investissements, réduire les risques et préparer le secteur canadien de l'électricité pour la décennie à venir.

ILLUSTRATION ES-1. CINQ PILIERS STRATÉGIQUES POUR LE SECTEUR DES TECHNOLOGIES DE RÉSEAU DU CANADA

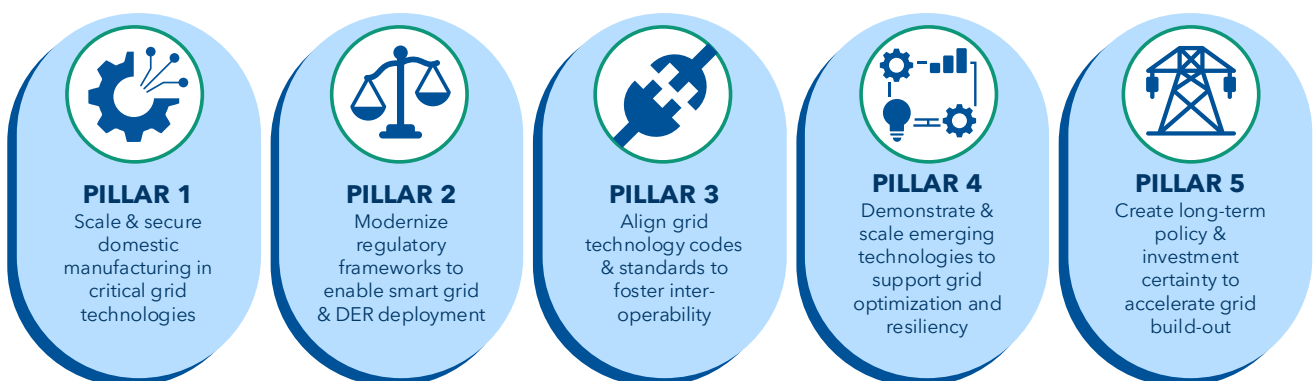


Table des matières

Sommaire exécutif	i
Partie 1 : Introduction - L'ère de l'électricité	4
Le système électrique du Canada en transition	4
Répercussions pour le réseau électrique du Canada.....	5
Risques émergents pesant sur le réseau électrique	10
Technologies de réseau : un facteur déterminant	12
Objet et portée du présent rapport	12
Partie 2 : Principales technologies de réseau.....	14
Hiérarchisation des technologies	14
Sélection des technologies	15
Évaluation technologique.....	19
Partie 3 : Résultats.....	20
Conclusions intertechnologiques.....	20
Partie 4 : Analyse et discussion	24
Possibilités : Nombreuses dans toutes les technologies	24
Préparation : La technologie n'est pas le facteur limitant	25
Obstacles au déploiement : Quand les politiques peuvent faire la différence	25
Synthèse : Pourquoi les chaînes d'approvisionnement sont-elles au cœur des mesures à prendre?	29
Partie 5 : Feuille de route des technologies de réseau	32
Répercussions pour le secteur des technologies de réseau du Canada.....	32
PILIER 1 : Développer et sécuriser les chaînes de fabrication et d'approvisionnement nationales pour les technologies de réseau critiques.....	34
PILIER 2 : Moderniser les cadres réglementaires pour permettre le déploiement des réseaux intelligents et des ressources énergétiques distribuées (RED).....	36
PILIER 3 : Harmoniser les codes et les normes pour supprimer les obstacles réglementaires et favoriser l'interopérabilité des systèmes	38
PILIER 4 : Démontrer et déployer à grande échelle les technologies émergentes	39
PILIER 5 : Créer des signaux politiques prévisibles à long terme pour débloquer les investissements et accélérer le déploiement du réseau	40
Annexe A : Évaluations technologiques.....	A1
Annexe B : Résumé de la mission.....	B1

Partie 1 :

Introduction - L'ère de l'électricité

Le système électrique canadien en transition

Le système électrique canadien entre dans une période de transformation rapide et structurelle. Trois facteurs sont en train de transformer la manière dont le réseau est planifié, construit et exploité.

1 **Tout d'abord, la demande en électricité est en augmentation rapide.** L'électrification des transports, des bâtiments et de l'industrie, conjuguée à la croissance économique et à l'apparition de nouvelles charges importantes, telles que les centres de données IA, génère une demande en électricité sans précédent. Selon les prévisions nationales, la demande en électricité au Canada devrait augmenter **de 62 à 112 % d'ici 2050**, ce qui équivaut à une croissance annuelle de 2,0 à 2,8 %.¹ Pour répondre à cette demande, les fournitures d'électricité devront **pratiquement doubler au cours des 25 aux 30 prochaines années**, ce qui fera passer la part de l'électricité dans la consommation finale d'énergie d'environ 17 % aujourd'hui à 40-70 % d'ici le milieu du siècle.² Cette croissance sera inégale, et les pics de demande, qui connaîtront des hausses brutales et localisées, mettront à rude épreuve des systèmes de distribution déjà saturés.

2 **Deuxièmement, le réseau électrique devient plus complexe.** La part croissante des énergies renouvelables variables, des ressources énergétiques distribuées (RED) et des utilisations finales électrifiées modifie en profondeur la dynamique du système. À elle seule, l'énergie éolienne pourrait couvrir 25 à 30 % de la production d'ici 2050, ce qui nécessiterait une nouvelle capacité de 65 à 90 GW.^{3 4} Parallèlement, l'adoption d'installations solaires derrière le compteur, de recharges intelligentes pour véhicules électriques et d'autres appareils connectés s'accélère. Ces tendances renforcent la nécessité d'une flexibilité du système, de flux d'énergie bidirectionnels et d'un contrôle en temps réel. Selon les analyses de l'AIE et d'autres organismes, les besoins en flexibilité de la demande à court terme⁵ pourraient être multipliés par deux à dix d'ici 2035, et couvrir 30 à 35 % des besoins mondiaux en électricité d'ici 2050.^{6 7} Les systèmes de distribution joueront un rôle beaucoup plus important, à mesure que la clientèle deviendra de plus en plus active - ou « consommateur-riche-s proactif-ve-s » - dans le système électrique.⁸

3 **Troisièmement, le système doit se décarboniser.** Le Canada et la plupart des provinces se sont engagés à mettre en place un réseau électrique carboneutre d'ici 2050, grâce à un financement fédéral de 60 milliards de dollars, à des crédits d'impôt à l'investissement, à une tarification du carbone dans le secteur industriel et à d'autres mesures réglementaires.⁹ Si des progrès considérables ont été accomplis - les émissions du secteur de l'électricité ont diminué d'environ 60 % depuis 2000, et plus de 80 % de la production est déjà carboneutre, la transition qui reste à

¹ Dunsky Énergie + Climat. Novembre 2025. [Prévisions concernant l'avenir de l'électricité au Canada](#)

² [L'avenir électrique du Canada : Un plan pour réussir la transition - Ressources naturelles Canada](#)

³ [L'électricité propre du Canada - Canada.ca](#)

⁴ [Régie de l'énergie du Canada - Avenir énergétique du Canada en 2023 : Offre et demande énergétiques à l'horizon 2050 - Supplément](#)

⁵ La flexibilité à court terme désigne les fluctuations horaires et quotidiennes en temps réel de l'offre et de la demande, par opposition aux variations saisonnières (sur des périodes allant de quelques semaines à plusieurs mois).

⁶ AIE. [World Energy Outlook 2025 \(en anglais seulement\)](#)

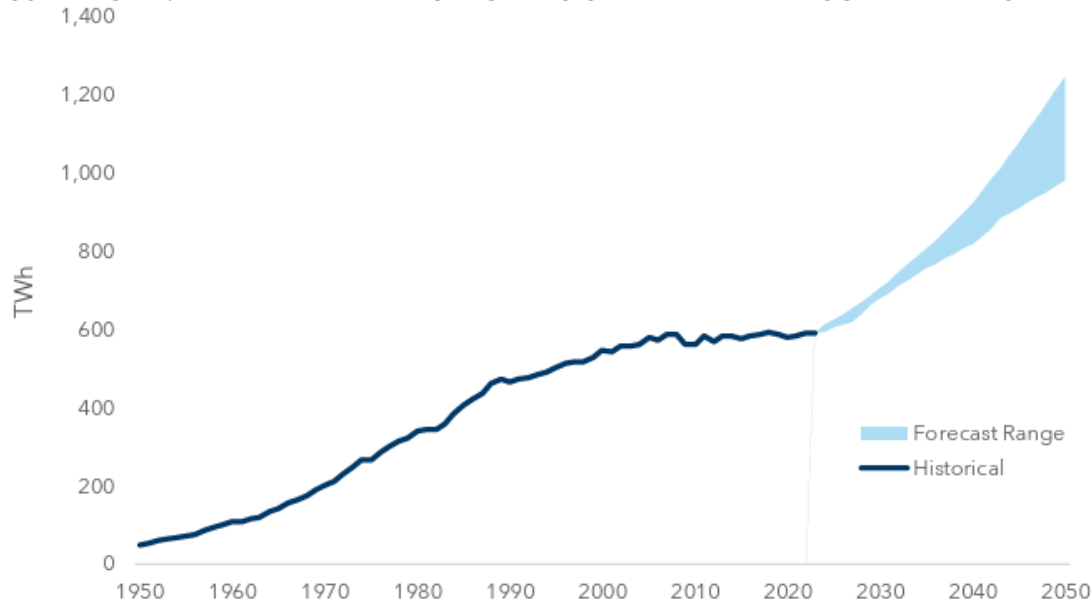
⁷ [Demand side flexibility: unleashing untapped potential alongside electricity grids and storage - Energy Transitions Commission \(en anglais seulement\)](#)

⁸ UK Electricity System Operator, Future Energy System 2024, juillet 2024, à l'adresse <https://www.nationalgrideso.com/document/322316/download>

⁹ [Propulser le Canada dans l'avenir : Une stratégie pour l'électricité propre - Ressources naturelles Canada](#)

accomplir s’annonce plus complexe.¹⁰ Pour parvenir à un réseau carboneutre, il faudra mettre fin à la production d’énergie restante issue des combustibles fossiles, raccorder d’importants volumes de nouvelles sources d’énergie propres, étendre les transports d’électricité régionaux, tout en garantissant l’accessibilité financière, la fiabilité et l’adhésion sociale, notamment grâce à une participation significative des populations autochtones.¹¹

ILLUSTRATION 1. LA DEMANDE EN ÉLECTRICITÉ AU CANADA DEVRAIT AUGMENTER DE 62 À 112 % D’ICI 2050.¹²



Répercussions pour le réseau électrique du Canada

Pour répondre à ces défis, le Canada doit simultanément **étendre, mettre à niveau et moderniser** son système électrique. L’ampleur des investissements est considérable : le Conseil consultatif canadien de l’électricité estime que **les investissements annuels s’élèveront en moyenne à environ 55 milliards de dollars, soit 1 400 milliards de dollars d’ici 2050**, ce qui représente près du double des niveaux actuels.^{13 14} À l’échelle mondiale, la transition vers la carboneutralité nécessitera environ 3 500 milliards de dollars par an jusqu’en 2050, dont environ **70 % seront consacrés aux réseaux, à la production et au stockage d’électricité.**¹⁵

Le transport et la distribution de l’électricité représentent déjà environ la moitié des investissements du secteur canadien de l’électricité, et les investissements cumulés dans le réseau devraient avoisiner 700 milliards de dollars d’ici 2050 (**Error! Reference source not found.**). Cela devrait générer un retour sur investissement considérable : selon une estimation récente, 1,7 milliard de dollars d’investissements fédéraux dans le transport de l’électricité pourraient mobiliser plus de 6,6 milliards de dollars

¹⁰ [L’électricité propre du Canada - Canada.ca](https://www.canada.ca/fr/energie-naturelles/actualites/2025/01/lelectricite-propre-du-canada.html)

¹¹ L’Alberta et la Saskatchewan tirent environ 80 % de leur production d’électricité des combustibles fossiles, tandis que ce chiffre est d’environ 60 % en Nouvelle-Écosse. [L’avenir électrique du Canada : Un plan pour réussir la transition - Ressources naturelles Canada](#)

¹² Dunsky Énergie + Climat. Novembre 2025. [Forecasting Canada’s Electricity Future \(en anglais seulement\)](#)

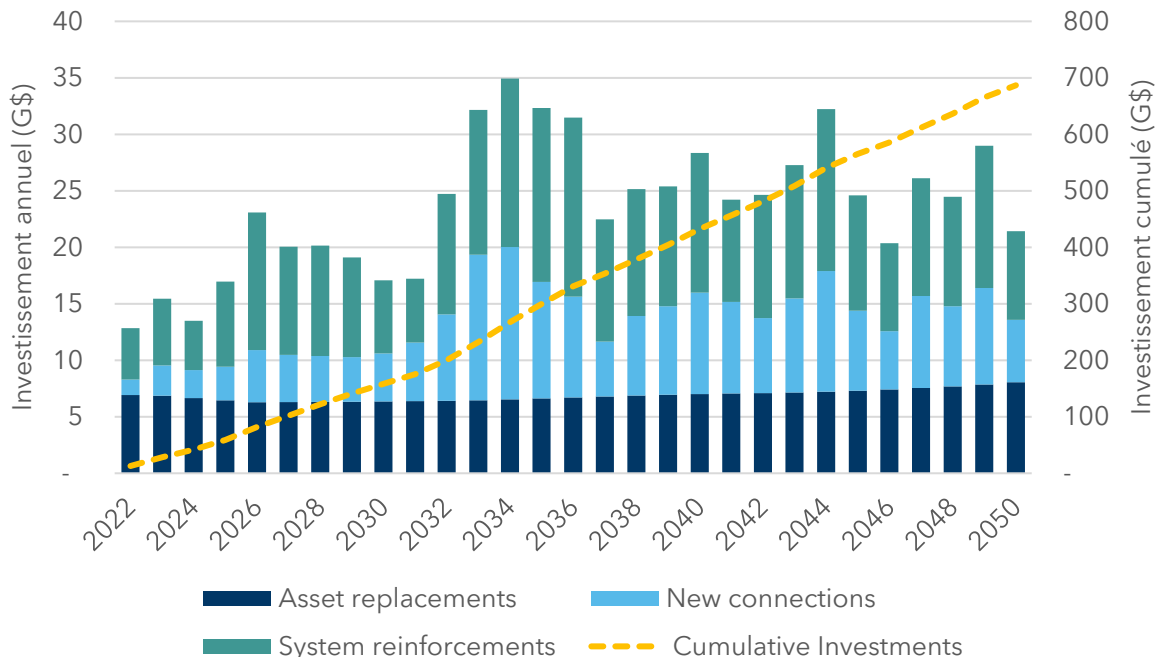
¹³ [L’avenir électrique du Canada : Un plan pour réussir la transition - Ressources naturelles Canada](#)

¹⁴ RNCan. Cahier d’information sur l’énergie, 2025-2026 : [Cahier d’information sur l’énergie, 2025-2026 - Section 2](#)

¹⁵ [Financing The Transition: Making Money Flow For Net Zero - ETC \(en anglais seulement\)](#)

d'investissements privés, ce qui se traduirait par plus de 95 milliards de dollars de retombées économiques sur une période de dix ans.¹⁶

ILLUSTRATION 2. LES INVESTISSEMENTS CUMULÉS DANS LE RÉSEAU ÉLECTRIQUE CANADIEN DEVRAIENT ATTEINDRE PRÈS DE 700 G\$ D'ICI 2050.¹⁷



1. Expansion

De nouvelles infrastructures de réseau électrique sont nécessaires pour répondre à la croissance de la demande, raccorder la production d'énergie propre et accroître les transferts interrégionaux. Pour faire face à un doublement de la demande en électricité, il faudrait construire environ 40 000 km de nouvelles lignes de transport d'ici 2050, ce qui correspondrait à une expansion d'environ 25 % du réseau actuel.¹⁸ Les services publics investissent massivement dans l'expansion du réseau électrique, et le gouvernement du Canada accorde également la priorité à la mise en place de nouvelles infrastructures de transport – tant intraprovinciales qu'interprovinciales – dans le cadre de sa stratégie de « développement national ».

¹⁶ McPherson, M. cité dans Snieckus, D., 27 novembre 2025. [The quiet tax break that could charge-up plans for a Trans-Canada clean power grid](#) (en anglais seulement). *National Observer*.

¹⁷ Institut d'action climatique de RBC; BloombergNEF.

¹⁸ PPF. 2023. [ProjectOfTheCentury-PPF-July2023-EN.pdf](#)

Investissements des services publics et du gouvernement dans les réseaux électriques

Les services publics canadiens investissent des sommes sans précédent tant dans l'expansion du réseau (nouvelles installations de production, nouvelles lignes de transport) que dans le renouvellement des actifs (lignes, sous-stations et transformateurs vieillissants) :

Hydro-Québec : 170 G\$ sur 12 ans (2023-2035) pour ajouter 15,5 GW de capacité éolienne, hydroélectrique et de stockage, et construire plus de 5 000 km de lignes de transport et de distribution, y compris de nouveaux grands couloirs à haute tension destinés à relier les sites de production isolés. Les plans d'investissement prévoient des travaux de rénovation à grande échelle des sous-stations et des infrastructures de transport et de distribution vieillissantes.¹⁹

BC Hydro : 36 G\$ sur 10 ans (2025-2035) pour étendre et moderniser le réseau de transport et de distribution afin de répondre à la croissance de la demande; investissements dans le renforcement du système contre les incendies de forêt, dans des sous-stations d'énergies renouvelables et la modernisation des réseaux de distribution locaux afin de soutenir les véhicules électriques et l'électrification des bâtiments.²¹

Hydro One : 17 G\$ sur cinq ans (2023-2027), dont 1 500 km de lignes de transport d'électricité à haute tension nouvelles ou renforcées pour soutenir la croissance régionale, le remplacement d'environ 130 transformateurs, la modernisation de 200 sous-stations de transport et le remplacement de 10 % des transformateurs de distribution.²⁰

Toronto Hydro : 5,1 G\$ sur cinq ans (2025-2029) destinés principalement à l'expansion et à la modernisation des réseaux de distribution locaux afin de répondre à la croissance démographique et à la croissance de la demande, ainsi qu'à la modernisation des sous-stations, des appareils d'alimentation et d'autres infrastructures du réseau.²²

Les gouvernements fédéral et provinciaux soutiennent de plus en plus les grands projets de transport d'électricité à long terme que les services publics ne peuvent financer seuls, en recourant à la Banque de l'infrastructure du Canada (BIC) et à des aides provinciales directes. Parmi ces projets :

Interconnexion de fiabilité de la Nouvelle-Écosse au Nouveau-Brunswick (Wasoqonatl) : nouvelle ligne de transport d'électricité interprovinciale destinée à renforcer la fiabilité du réseau et à intégrer les énergies renouvelables, ayant bénéficié d'un financement de 217 M\$ de la part de la BIC.

Ligne de transport de la côte nord de la Colombie-Britannique : vaste projet d'expansion du réseau à haute tension visant à permettre l'électrification du secteur minier et des projets de GNL dans le nord-ouest de la Colombie-Britannique; désigné comme projet prioritaire pour le développement national par les gouvernements provincial et fédéral, ce qui permet d'accélérer les procédures d'autorisation et d'approbation.

Liaison hydro-fibre optique de Kivalliq : ligne de transport d'électricité de 1 200 km reliant le Manitoba au Nunavut, avec l'engagement de la BIC et un soutien provincial solide.

Nouvelles interconnexions entre l'Alberta, la Colombie-Britannique et la Saskatchewan : le protocole d'accord conclu récemment entre le Canada et l'Alberta engage les deux parties à promouvoir la mise en place de grandes interconnexions de transport d'électricité avec les provinces voisines afin de renforcer les marchés de l'électricité de l'Ouest et de soutenir l'électrification industrielle ainsi que la croissance de la charge.²³

¹⁹ [Plan d'action 2035 | Hydro-Québec](#)

²⁰ Hydro One. [5 Year Plan](#) (en anglais seulement)

²¹ BC Hydro. [Capital plan](#) (en anglais seulement)

²² Toronto Hydro. [Our 2025-29 investment plan - Toronto Hydro](#) (en anglais seulement)

²³ [Protocole d'accord entre le Canada et l'Alberta | Premier ministre du Canada](#)

2. Mise à niveau

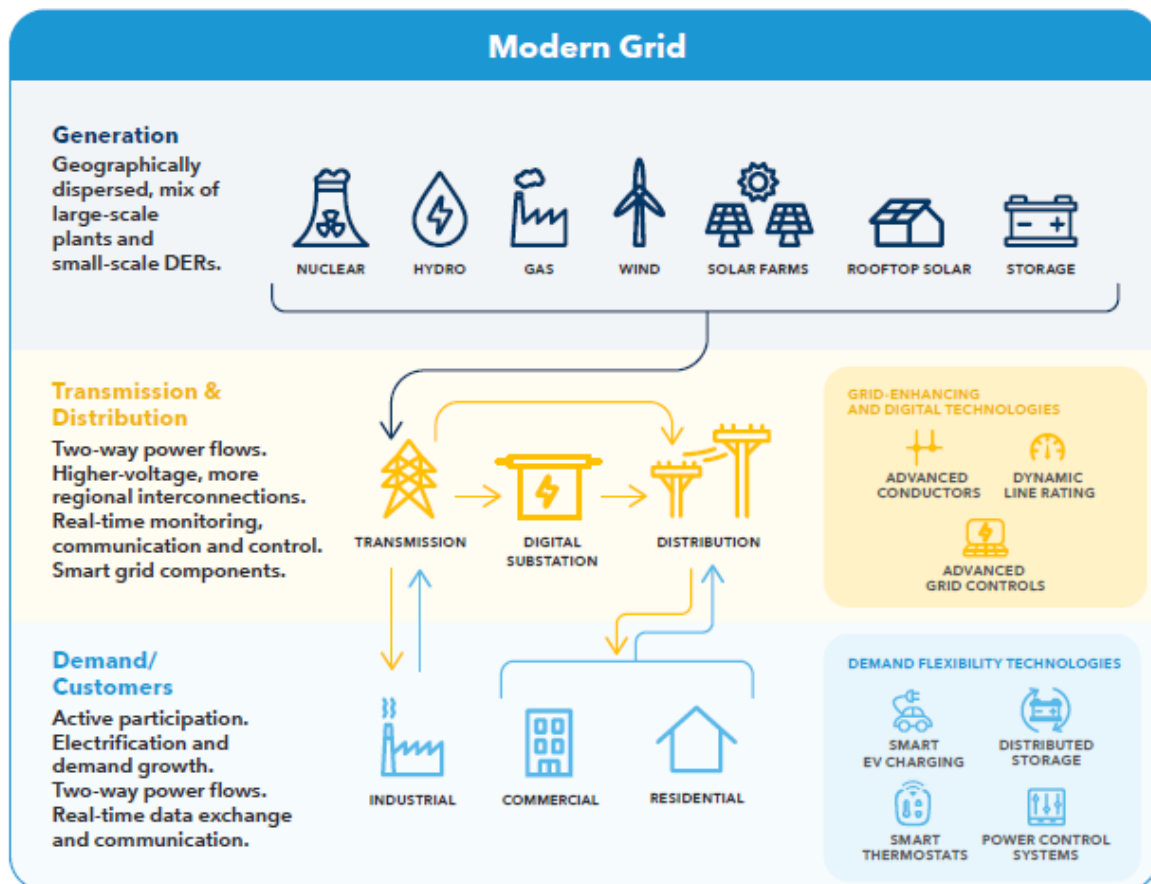
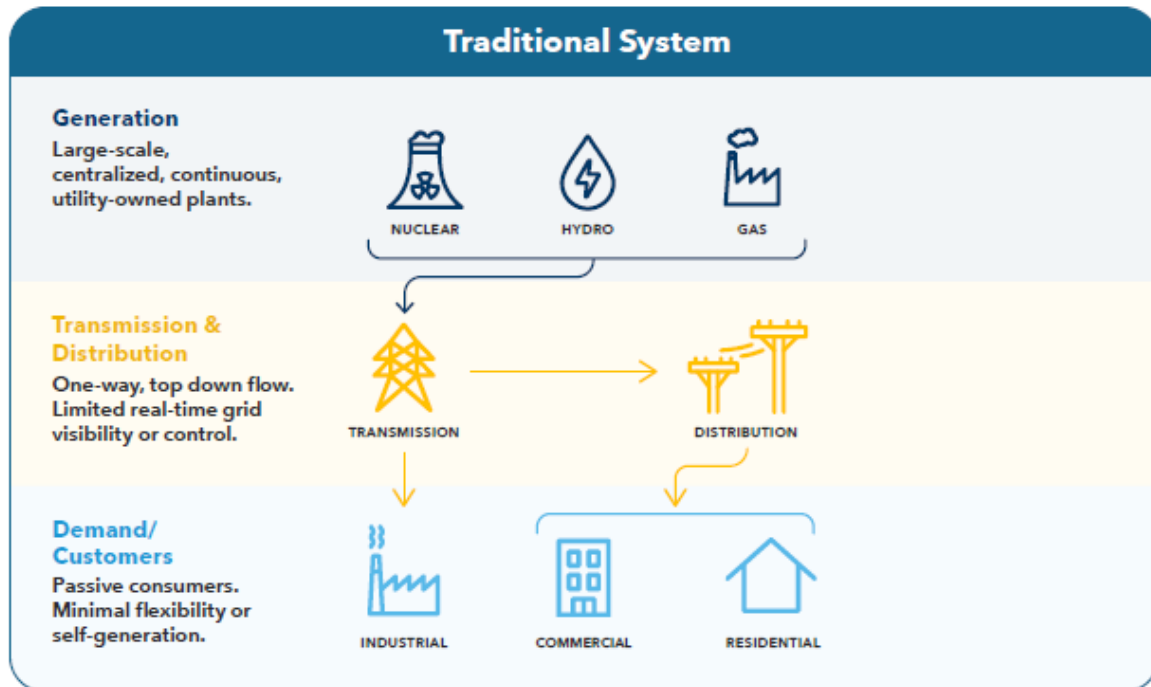
Une grande partie du réseau électrique canadien – soit environ 150 000 km de lignes de transport et 600 000 km de lignes de distribution^{24 25} – a été construite entre les années 1950 et 1980 et arrive aujourd’hui en fin de vie. Selon Statistique Canada, les infrastructures du réseau électrique (notamment les réseaux de transport et de distribution, ainsi que les transformateurs de puissance et de distribution) comptent parmi les infrastructures électriques les plus anciennes, avec une durée de vie utile restante comprise en moyenne entre 50 et 60 %.²⁶ Les services publics investissent donc massivement dans le renouvellement des infrastructures afin de maintenir la fiabilité du réseau tout en se préparant à l’électrification et à la croissance du système.

²⁴ En date de 2015 : [Cadres de fiabilité électrique au Canada - Ressources naturelles Canada](#)

²⁵ [Distribution of high voltage transmission lines across Canada.](#) (en anglais seulement)

²⁶ Statistique Canada. [Tableau 36-10-0611-01 : Compte économique d'infrastructure, âge moyen et durée de vie utile restante par actif et fonction de l'actif](#)

ILLUSTRATION 3. L'ÉVOLUTION DU SYSTÈME ÉLECTRIQUE



3. Modernisation

La construction de nouvelles infrastructures de transport d'électricité est indispensable, mais elle nécessite d'importants investissements et prend beaucoup de temps, la planification et la construction s'étalant souvent sur une décennie, voire plus.²⁷ La modernisation du réseau est une stratégie complémentaire qui permet aux services publics de tirer davantage de valeur des infrastructures existantes, de gérer la variabilité et de maintenir la fiabilité, souvent à moindre coût et dans des délais plus courts (pour un résumé visuel, voir **Error! Reference source not found.**).

Aux fins du présent rapport, la modernisation du réseau comprend trois catégories :

1. Des technologies d'amélioration du réseau qui permettent d'accroître la capacité et le taux d'utilisation des infrastructures existantes (p. ex., une évaluation dynamique de la capacité des lignes, le remplacement des conducteurs par des conducteurs de pointe, des sous-stations numériques);
2. Des systèmes numériques qui améliorent la visibilité, le contrôle et l'intégration des ressources énergétiques distribuées (p. ex., capteurs de réseau, SAGD/SGRED, centrales électriques virtuelles);
3. Des technologies en périphérie du réseau et de gestion de la demande qui favorisent la flexibilité et la participation de la clientèle (p. ex., chargeurs intelligents pour véhicules électriques, thermostats, panneaux intelligents, commandes d'éclairage et systèmes de gestion de l'énergie).

La flexibilité de la demande représente à elle seule une possibilité considérable. Par exemple, des études menées en Ontario indiquent un potentiel de réduction des pics de demande de 9 à 14 % d'ici 2032, tandis que les programmes provinciaux visent une réduction de 3 000 MW des pics d'ici 2036, ce qui équivaut à 70 % des pics de demande en été à Toronto.

Risques émergents pesant sur le réseau électrique

La transition énergétique du Canada s'opère dans un contexte de risques croissants qui accentuent encore davantage la pression sur le système électrique. Les services publics sont appelés à assurer l'expansion du système et la décarbonisation tout en garantissant la fiabilité, l'accessibilité financière et la sécurité, souvent dans un contexte de contraintes réglementaires et financières strictes.

Les **perturbations de la chaîne d'approvisionnement** sont désormais considérées comme un risque systémique. Le Canada dépend fortement des importations pour les équipements essentiels de son réseau, les importations annuelles de transformateurs, de fils et câbles, d'appareillages de connexion, de semi-conducteurs et de composants connexes s'élevant à près de 37 milliards de dollars.²⁸ Depuis 2020, les prix ont fortement augmenté au Canada : 74 % pour les transformateurs, 40 % pour les équipements de transport et 31 % pour l'appareillage de connexion. Les délais d'approvisionnement des équipements essentiels sont passés de quelques mois à deux, voire quatre ans, en raison de la concurrence mondiale en matière de capacités de fabrication.²⁹ L'Agence internationale de l'énergie, l'Energy Transitions Commission et d'autres organismes ont identifié les transformateurs, les conducteurs et les semi-conducteurs comme des chaînes d'approvisionnement à haut risque pour la transition énergétique.^{30 31} Les perturbations de la chaîne d'approvisionnement ne se limitent pas aux infrastructures et aux matières premières. Les plateformes logicielles et leurs composants, y compris les semi-conducteurs, sont également de plus en plus vulnérables.³²

²⁷ Dunsky. 2023. *Build Things Faster*. (en anglais seulement) Remarque : Les projets de distribution se terminent généralement plus rapidement.

²⁸ Ressources naturelles Canada. Août 2025. *Capacité de fabrication nationale au sein du secteur de l'électricité du Canada*.

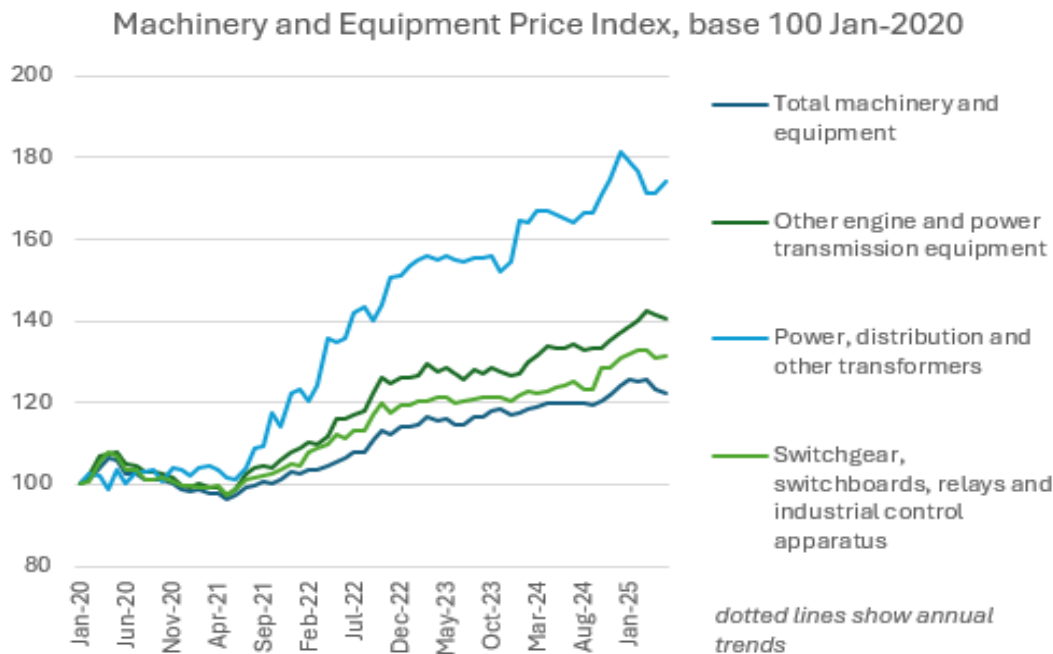
²⁹ Reuters. 2 décembre 2025. [Grid equipment makers invest in US to ease supply shortage](#) (en anglais seulement); National Infrastructure Advisory Council. Juin 2024. [Addressing the Critical Shortage of Power Transformers to Ensure Reliability of the US Grid](#) (en anglais seulement).

³⁰ [Electricity Grids and Secure Energy Transitions - Analyse - AIE](#) (en anglais seulement)

³¹ [ETC - Better, Faster, Cleaner: Securing clean energy supply chains](#) (en anglais seulement)

³² Ember. Mai 2025. [Rewiring the energy debate](#) (en anglais seulement).

ILLUSTRATION 4. INDICE DES PRIX DES MACHINES ET DU MATÉRIEL (IPMM) POUR LES PRINCIPAUX COMPOSANTS ÉLECTRIQUES³³



Les risques liés **au climat et aux phénomènes météorologiques extrêmes** s'intensifient également. En 2023, les systèmes électriques représentaient 85 % des perturbations liées aux phénomènes météorologiques extrêmes qui ont touché les infrastructures énergétiques essentielles à l'échelle mondiale.³⁴ Au Canada, le risque d'incendie de forêt est particulièrement élevé : 15 millions d'hectares ont brûlé en 2023, soit plus du double du précédent record.³⁵ Ces tendances augmentent les risques de coupures de courant, les arrêts préventifs et les coûts liés au renforcement du réseau, mais la planification de la résilience climatique n'est pas encore généralisée dans tous les services publics.³⁶

La cybersécurité et les risques numériques prennent de l'ampleur à mesure que les réseaux deviennent plus interconnectés et dépendent davantage des logiciels. L'expansion des flux de données, de surveillance et de contrôle accroît l'exposition aux risques, ce qui nécessite une gouvernance solide et le respect de normes en constante évolution, telles que le NERC CIP (Critical Infrastructure Cybersecurity Program) et la législation fédérale sur les infrastructures essentielles (projet de loi C-26).

Les pénuries de main-d'œuvre viennent aggraver ces défis. La main-d'œuvre du secteur de l'électricité au Canada vieillit, et une grande partie des travailleur·euse·s expérimenté·e·s devrait prendre sa retraite d'ici une dizaine d'années. La demande en électricien·ne·s, opérateur·rice·s de lignes, ingénieur·e·s en protection et commande, ainsi qu'en spécialistes numériques est en hausse, tandis que les systèmes de formation peinent à s'adapter aux nouvelles exigences en matière de compétences.³⁷

³³ Statistique Canada. [Tableau 18-10-0283-01 : Indice des prix des machines et du matériel, selon le produit, mensuel](#)

³⁴ AIE. WEO 2025. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/0a7a40a4-5dcb-4d6e-a7ad-76a1c90ec8eb/WorldEnergyOutlook2025.pdf>

³⁵ [Incendies de forêt d'une ampleur record au Canada en 2023 : un réveil brûlant - Ressources naturelles Canada](#)

³⁶ Groupe d'innovation du réseau intelligent (GIRI) et Dunsy Énergie + Climat. Juin 2023. [L'analyse comparative de la gestion intelligente de l'énergie](#)

³⁷ Ressources humaines, industrie électrique du Canada. 2024.

Technologies de réseau : un facteur déterminant

Dans ce contexte, **les technologies de réseau ne sont plus une considération secondaire**. La capacité à déployer à grande échelle le matériel et les logiciels essentiels au réseau déterminera la capacité du Canada à favoriser la croissance industrielle et les investissements, à renforcer la résilience, à maintenir l'accessibilité financière et à atteindre ses objectifs en matière de climat et d'électrification.

Les chaînes d'approvisionnement dans le domaine des technologies de réseau ne constituent donc pas seulement un enjeu économique; elles représentent également une **priorité stratégique**. Les pénuries persistantes d'équipements essentiels ralentissent déjà l'expansion du réseau et le renouvellement des infrastructures, ce qui contribue à la hausse des coûts et aux retards dans les projets. Elles sont de plus en plus considérées comme un risque pour la résilience et la sécurité nationale.³⁸ Il sera essentiel de garantir une capacité de fabrication nationale suffisante et des chaînes d'approvisionnement plus diversifiées et plus fiables afin de réduire la vulnérabilité face aux perturbations externes.

Objet et portée du présent rapport

Le présent rapport propose une évaluation nationale des **principales technologies de réseau**, qui devraient façonner la transition énergétique du Canada au cours de la prochaine décennie (2025-2035). L'accent est mis sur les technologies qui ont atteint ou sont sur le point d'atteindre la maturité commerciale, mais qui se heurtent à des obstacles liés au déploiement, à la réglementation ou à la chaîne d'approvisionnement. Les technologies en phase initiale dont le rôle s'inscrit sur le long terme ne sont pas prises en compte dans cette analyse (voir encadré).

Pour chaque technologie, le rapport évalue les éléments suivants :

- Le besoin stratégique et l'importance du système
- La préparation technologique et la préparation à la commercialisation
- Les obstacles au déploiement, notamment les facteurs liés à la chaîne d'approvisionnement, à la réglementation et à l'économie et au marché
- Les points forts et les lacunes de la chaîne d'approvisionnement nationale

Cette analyse s'appuie sur des sondages sur l'industrie ainsi que sur des entrevues avec des services publics et des spécialistes du secteur. Les conclusions sont synthétisées afin de dégager des enseignements transversaux et de définir les mesures politiques prioritaires pour les gouvernements fédéral et provinciaux.

Nous avons classé les technologies évaluées dans le présent rapport en trois catégories :

- 1. Croissance et maintien des infrastructures :** Matériel de base nécessaire pour maintenir, remplacer et étendre le système de transport et de distribution d'électricité.
- 2. Infrastructures et systèmes de réseau intelligent :** Solutions matérielles et logicielles améliorant la visibilité, le contrôle, l'utilisation des capacités, la fiabilité et la résilience du réseau.
- 3. Flexibilité en périphérie du réseau et flexibilité de la demande :** Solutions côté clientèle et solutions distribuées permettant la gestion de la charge, la flexibilité de la demande et l'intégration rentable des ressources énergétiques distribuées.

Dans l'ensemble, cette évaluation fournit aux décideurs et aux parties prenantes du secteur de l'électricité des orientations claires et fondées sur des données factuelles quant aux domaines sur lesquels concentrer leurs efforts, afin de garantir que le système électrique canadien soit prêt pour la décennie à venir.

³⁸ [https://www.cisa.gov/sites/default/files/2024-06/DRAFT_NIAC_Addressing the Critical Shortage of Power Transformers to Ensure Reliability of the U.S. Grid_Report_06052024_508c.pdf](https://www.cisa.gov/sites/default/files/2024-06/DRAFT_NIAC_Addressing%20the%20Critical%20Shortage%20of%20Power%20Transformers%20to%20Ensure%20Reliability%20of%20the%20U.S.%20Grid_Report_06052024_508c.pdf)

Technologies de réseau en phase initiale et fiabilité à long terme

Le présent rapport porte sur les technologies de réseau qui ont atteint leur maturité commerciale ou qui sont prêtes à être déployées à court terme. Toutefois, à mesure que le système électrique canadien continue d'évoluer, **d'autres technologies de réseau émergentes gagneront en importance** à long terme et pourraient justifier une évaluation future.

La part croissante des énergies renouvelables variables, l'augmentation de la demande en électricité et le recours accru aux ressources énergétiques distribuées modifient la manière dont les services publics et les gestionnaires du réseau assurent la fiabilité du réseau.³⁹ Historiquement, les services de fiabilité étaient assurés par de grands générateurs conventionnels. Au fur et à mesure que le système évolue, ces services devront de plus en plus faire l'objet d'une planification et d'une passation de marchés explicites.⁴⁰

Parmi les technologies émergentes susceptibles de jouer un rôle de plus en plus important, on peut citer :

- **Les onduleurs de couplage au réseau** qui contribuent à réguler la tension et la fréquence – éléments essentiels au maintien de la stabilité du réseau – dans des systèmes où prédominent les sources d'énergies renouvelables, telles que l'éolien et le solaire.
- **Les compensateurs synchrones** et autres équipements de stabilisation, qui fournissent de la puissance réactive et des services de fiabilité traditionnellement assurés par les générateurs tournants.
- Les systèmes de **stockage d'énergie par volants d'inertie** qui stockent l'énergie cinétique dans un volant d'inertie en rotation. Les rotors du volant d'inertie sont couplés à un groupe convertisseur intégral logé dans le boîtier. Le groupe convertisseur sert à stocker, puis à exploiter l'énergie provenant du volant d'inertie en rotation.
- **Le stockage à long terme** et d'autres ressources de flexibilité, qui contribuent à équilibrer l'offre et la demande sur des périodes plus longues.

Des pays tels que le Royaume-Uni et l'Australie intègrent déjà ces solutions dans la planification et l'approvisionnement du système à mesure que la part des énergies renouvelables augmente. Bien que ces technologies ne relèvent pas de la portée du présent rapport, elles gagneront en importance à mesure que le Canada s'orientera vers une part croissante d'énergies renouvelables, une demande plus flexible et un réseau électrique plus décentralisé. Des travaux futurs pourraient examiner plus en détail leur rôle, leur état de préparation et leurs implications politiques.

³⁹ UK NESO. 18 décembre 2025. « [How inertia keeps the lights on](#) » (en anglais seulement). Page consultée le 30 décembre 2025.

⁴⁰ Pollution Probe. 2025. [Achieving Reliability in a Future Ontario Power System](#) (en anglais seulement).

Partie 2 :

Principales technologies de réseau

Hiérarchisation des technologies

Dunsky a mis en place un processus de sélection structuré en trois étapes afin d'identifier un ensemble ciblé de technologies de réseau à fort impact en vue d'une évaluation approfondie.

1^{RE} ÉTAPE. Élaboration d'une liste préliminaire

Nous avons établi une liste préliminaire de technologies de réseau en nous appuyant à la fois sur notre expertise interne et sur des sources de référence externes, notamment le rapport de la NEMA intitulé « *A Reliable Grid for an Electric Future* » et celui du U.S. Department of Energy intitulé « *Pathways to Commercial Liftoff: Innovative Grid Deployment*. » Cette liste préliminaire a été examinée et validée en collaboration avec les spécialistes en la matière de Dunsky afin de garantir sa pertinence dans le contexte canadien (voir l'annexe A).

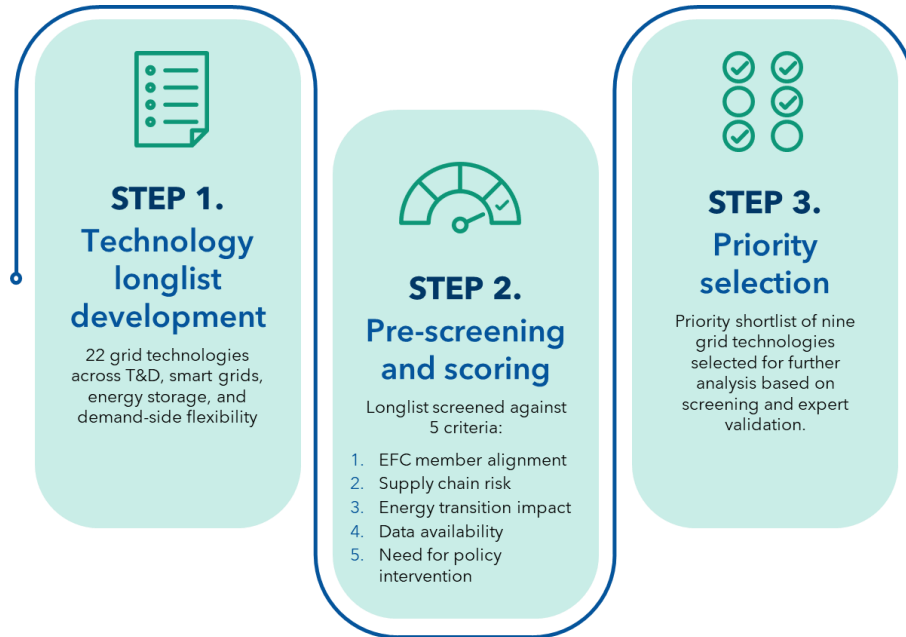
2^E ÉTAPE. Sélection et notation

Nous avons évalué la liste préliminaire à l'aune de cinq critères de sélection afin d'identifier les technologies prioritaires : (1) Adéquation avec les activités et les intérêts des membres de l'ÉFC; (2) Risque et vulnérabilité de la chaîne d'approvisionnement; (3) Impact sur la transition énergétique; (4) Disponibilité des recherches et des données existantes; et (5) Nécessité d'une intervention politique. Chaque technologie a été notée selon une échelle standardisée allant de faible à élevé pour chaque critère.

3^E ÉTAPE. Sélection des priorités

Les technologies ayant obtenu les notes globales les plus élevées ont été présélectionnées pour faire l'objet d'une analyse plus approfondie, sur la base des commentaires formulés par le comité de recherche de l'ÉFC.

ILLUSTRATION 5. PROCESSUS EN TROIS ÉTAPES VISANT À HIÉRARCHISER LES TECHNOLOGIES DE RÉSEAU EN VUE DE LEUR ÉVALUATION



Liste préliminaire des technologies

Le Tableau 1 présente un aperçu des neuf technologies réparties en trois catégories :

- 1. Croissance et maintien des infrastructures :** Transformateurs de puissance et de distribution, appareillages de connexion et coupe-circuits, remplacement des conducteurs par des conducteurs de pointe.
- 2. Infrastructures et systèmes de réseau intelligent :** Évaluation dynamique de la capacité des lignes, sous-stations numériques, capteurs et systèmes de surveillance du réseau, systèmes de contrôle avancés (p. ex., SAGD/SGRED).
- 3. Flexibilité en périphérie du réseau et flexibilité de la demande :** Dispositifs de flexibilité de la demande en réseau, systèmes de contrôle de puissance (p. ex., panneaux intelligents et autres systèmes permettant de surveiller et de contrôler les charges des bâtiments).

TABLEAU 1. TECHNOLOGIES RETENUES POUR L'ÉVALUATION ET L'EMPLACEMENT SUR LE RÉSEAU (TX : TRANSMISSION; DX : DISTRIBUTION; EVC : DERRIÈRE LE COMPTEUR).

Catégorie	Technologie	Description	Matériel et logiciels	Emplacement du réseau		
				Tx	Dx	EVC
Croissance et maintien des infrastructures	Transformateurs (puissance et distribution)	Équipements destinés à la conversion des niveaux de tension électrique	Matériel	✓	✓	
	Conducteurs de pointe (remplacement)	Remplacement des câbles de transport conventionnels à conducteur en aluminium et armature en acier par des conducteurs de pointe	Matériel	✓		
	Appareillage de connexion et coupe-circuits	Composants utilisés pour contrôler le flux électrique afin d'isoler les défauts, d'établir une protection contre les surintensités et de mettre les équipements hors tension pour permettre un entretien en toute sécurité	Matériel	✓	✓	✓
Infrastructures et systèmes de réseau intelligent	Sous-stations numériques	Application des capteurs modernes, des réseaux de communication et des technologies numériques aux sous-stations	Logiciel	✓	✓	
	Évaluation dynamique de la capacité des lignes	Capteurs installés sur les lignes de transport d'électricité qui collectent des données environnementales et climatiques en temps réel afin de calculer et de prévoir la capacité des lignes	Logiciel + capteurs	✓		
	Capteurs et systèmes de surveillance du réseau	Systèmes distribués permettant de fournir des données en temps réel sur l'exploitation, les conditions environnementales et l'état des installations du réseau	Matériel + logiciels	✓	✓	
	Systèmes de contrôle avancés (SAGD/SGRED)	Plateformes mises en place par les gestionnaires de réseau pour gérer et optimiser les ressources énergétiques distribuées, l'exploitation du réseau et les flux d'énergie	Logiciel		✓	
Flexibilité en périphérie du réseau et flexibilité de la demande	Systèmes de contrôle de puissance	Systèmes capables de surveiller et de contrôler les flux d'énergie afin de ne pas dépasser la capacité d'un circuit (p. ex., capacité de raccordement au réseau d'un bâtiment)	Matériel + logiciels			✓
	Dispositifs de flexibilité de la demande en réseau	Technologies intelligentes et connectées côté clientèle qui permettent une réponse à la demande et une flexibilité de la charge (p. ex., recharge pour véhicules électriques, appareils électroménagers, thermostats)	Matériel + logiciels			✓

Comme le montre

Illustration 6, ces technologies offrent toute une série d'utilisations et d'avantages pour les systèmes électriques.

Elles comprennent notamment des outils permettant d'optimiser la capacité actuelle du réseau (p. ex., évaluation dynamique de la capacité des lignes, conducteurs de pointe), de soutenir l'expansion des réseaux de transport et de distribution (p. ex., transformateurs, appareillage de connexion), d'intégrer les énergies renouvelables et les ressources énergétiques distribuées (p. ex., commandes avancées, panneaux intelligents), de protéger le réseau contre les risques physiques ou autres (p. ex., sous-stations numériques, capteurs de réseau) et de favoriser la flexibilité de la demande (p. ex., recharges intelligentes pour véhicules électriques et autres dispositifs côté clientèle).

ILLUSTRATION 6. RÉPARTITION DES CAS D'UTILISATION PAR TECHNOLOGIE

Légende :	Cas d'utilisation primaire	Cas d'utilisation secondaire	Cas d'utilisation limité ou pas d'utilisation
------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	--

		CAS D'UTILISATION				
		Optimisation et capacité du réseau	Expansion du réseau	Intégration des énergies renouvelables et des ressources énergétiques distribuées	Protection, automatisation et sécurité	Flexibilité de la demande
TECHNOLOGIE DU RÉSEAU	Transformateurs de puissance et de distribution	Primary	Primary	Secondary	Primary	Limited
	Appareillage de connexion et coupe-circuits	Primary	Primary	Secondary	Primary	Limited
	Conducteurs de pointe (remplacement)	Primary	Primary	Secondary	Limited	Limited
	Évaluation dynamique de la capacité des lignes	Primary	Secondary	Primary	Limited	Limited
	Sous-stations numériques	Secondary	Primary	Primary	Primary	Limited
	Capteurs et systèmes de surveillance du réseau	Primary	Secondary	Primary	Primary	Limited
	Commandes avancées (SAGD/SGRED)	Primary	Secondary	Primary	Secondary	Secondary
	Systèmes de contrôle de puissance (SGE/panneaux intelligents)	Primary	Limited	Primary	Primary	Primary
	Dispositifs de flexibilité de la demande en réseau	Limited	Limited	Primary	Limited	Primary

Évaluation technologique

Dunsky a procédé à une analyse approfondie des technologies prioritaires présélectionnées afin d'évaluer les possibilités, les défis liés à leur déploiement et les mesures prioritaires à prendre au Canada. Pour ce faire, nous avons mis au point un cadre d'évaluation multidimensionnel, articulé autour de trois axes principaux, chacun comprenant trois sous-critères (Tableau 2). Les technologies ont été notées pour chaque critère à l'aide d'une échelle standardisée allant de faible (1) à élevé (3).

Les notes ont été établies en tenant compte de recherches documentaires, des contributions des membres de l'ÉFC recueillies par le biais d'un sondage en ligne mené en novembre 2025, ainsi que des informations issues d'entrevues avec des spécialistes des services publics et du secteur. Les évaluations finales ont été examinées et validées par les spécialistes en la matière de Dunsky.

Les résultats de cette évaluation comprennent des **fiches d'information détaillées sur chaque technologie** (annexe A). Chaque fiche d'information résume l'objectif et le rôle de la technologie au sein du système électrique canadien, son importance pour la transition énergétique, ainsi que les résultats des évaluations portant sur les possibilités, l'état de préparation et les obstacles.

TABEAU 2. DIMENSIONS ET CRITÈRES D'ÉVALUATION TECHNOLOGIQUE

Dimension	Critères	Résultat
Opportunité et besoin stratégiques <i>« Pourquoi est-ce important? »</i>	Transition énergétique	Importance pour la fiabilité, l'électrification et la réduction des émissions de GES
	Potentiel du marché	Croissance du marché intérieur et/ou du marché d'exportation
	Harmonisation des politiques	En phase avec les objectifs nationaux en matière de compétitivité et d'énergie propre
Préparation du marché et préparation technologique <i>« Est-on prêt? »</i>	Niveau de maturité technologique	Niveau de maturité selon l'échelle de maturité technologique (de la phase pilote ou démonstration à l'adoption initiale et au déploiement ayant fait ses preuves)
	Services publics et préparation de la clientèle	Niveau de déploiement et d'adoption au Canada
	Soutien stratégique	Existence de politiques, de programmes et de cadres réglementaires favorables
Obstacles <i>« Qu'est-ce qui empêche le déploiement? »</i>	Obstacles à la chaîne d'approvisionnement	Contraintes liées aux matériaux, à la main-d'œuvre ou à la production
	Lacunes réglementaires	Contraintes liées aux autorisations, à la réglementation ou aux normes
	Obstacles économiques et commerciaux	Coûts, échelle ou taux ayant une incidence sur le déploiement

Partie 3 : Résultats

Conclusions intertechnologiques

Error! Reference source not found. présente une synthèse des performances des neuf technologies de réseau évaluées dans cette étude selon trois dimensions : les **possibilités**, l'**état de préparation** et les **obstacles au déploiement**. Dans l'ensemble, l'évaluation met en évidence trois conclusions claires :

- 1. Les possibilités sont nombreuses dans tous les domaines technologiques.** Ces neuf technologies constituent autant de leviers essentiels de la transition énergétique du Canada, contribuant à la fiabilité du réseau, à l'électrification et à la décarbonisation. Chacune de ces technologies présente un potentiel de croissance modéré à fort et s'inscrit dans les priorités fédérales et provinciales en matière d'expansion du réseau, d'accessibilité financière, de résilience et de développement économique.
- 2. L'état de préparation varie grandement selon la technologie.** Certaines technologies - notamment les infrastructures de base du réseau électrique - sont arrivées à maturité et largement déployées, tandis que d'autres ont fait leurs preuves sur le plan commercial, mais n'en sont encore qu'aux premières étapes de leur adoption au Canada. Ces écarts s'expliquent en grande partie par les différences observées dans l'adoption des services publics et le soutien stratégique.
- 3. La plupart des technologies se heurtent à des obstacles modérés à importants lors de leur mise en œuvre.** Les contraintes liées à la chaîne d'approvisionnement apparaissent comme l'obstacle le plus grave et le plus répandu, en particulier pour le matériel essentiel du réseau et les composants clés. Les obstacles liés à la réglementation, aux normes et au marché affectent également plusieurs technologies de réseau intelligent et de gestion de la demande, limitant ainsi leur capacité à se développer à grande échelle.

ILLUSTRATION 7. SYNTHÈSE DES ÉVALUATIONS DES POSSIBILITÉS EN MATIÈRE TECHNOLOGIQUE

Catégorie	N°	Technologie	Possibilités	État de préparation	Obstacles
Croissance et maintien des infrastructures	1	Transformateurs	●●● ÉLEVÉ	●●● ÉLEVÉ	■■■ ÉLEVÉ
	2	Appareillage de connexion et coupe-circuits	●●● ÉLEVÉ	●●● ÉLEVÉ	■■■ ÉLEVÉ
	3	Conducteurs de pointe	●●● ÉLEVÉ	● FAIBLE	■■ MODÉRÉ
Infrastructures et systèmes de réseau intelligent	4	Évaluation dynamique de la capacité des lignes	●●● ÉLEVÉ	● FAIBLE	■ FAIBLE
	5	Sous-stations numériques	●●● ÉLEVÉ	●● MODÉRÉ	■■ MODÉRÉ
	6	Capteurs et systèmes de surveillance du réseau	●●● ÉLEVÉ	●● MODÉRÉ	■■ MODÉRÉ
	7	Commandes avancées (SAGD/SGRED)	●●● ÉLEVÉ	●● MODÉRÉ	■■ MODÉRÉ
Flexibilité en périphérie du réseau et flexibilité de la demande	8	Systèmes de contrôle de puissance	●●● ÉLEVÉ	●● MODÉRÉ	■■ MODÉRÉ
	9	Dispositifs de flexibilité de la demande en réseau	●●● ÉLEVÉ	●● MODÉRÉ	■■ MODÉRÉ

Les sections suivantes présentent un résumé concis des conclusions relatives aux trois catégories technologiques - **infrastructures de réseau**, **technologies de réseau intelligent** et **flexibilité en périphérie du réseau et flexibilité de la demande** - en mettant en évidence les implications pour le Canada et les domaines d'action prioritaires. Les évaluations détaillées par technologie sont présentées à l'annexe A.



Croissance et maintien des infrastructures

TECHNOLOGIES ÉVALUÉES :

- ▶ Transformateurs de puissance et de distribution
- ▶ Appareillage de connexion et disjoncteurs
- ▶ Remplacement des conducteurs par des conducteurs de pointe

Les technologies d'infrastructure du réseau constituent l'épine dorsale du système électrique canadien. Ensemble, elles permettent le transport et la distribution de l'électricité en toute sécurité, protègent le réseau contre les défaillances et déterminent la quantité d'électricité pouvant circuler sur le réseau.

Ces infrastructures sont indispensables pour étendre le réseau, raccorder les nouvelles sources de production et les charges en augmentation, remplacer les infrastructures vieillissantes et garantir la fiabilité et la sécurité à mesure que la complexité du réseau s'accroît.

OPPORTUNITÉ STRATÉGIQUE

Un besoin important et incontournable du système. Les infrastructures de réseau sont indispensables tant pour son expansion que pour son remplacement; il n'existe aucune alternative. L'électrification et la production d'énergie propre entraîneront une augmentation significative de la demande en transformateurs, en appareillages de connexion et en conducteurs dans toutes les provinces.

Un marché intérieur vaste et en pleine expansion.

- Transformateurs : TCAC d'environ 6 à 7 % jusqu'en 2030; croissance la plus rapide dans le secteur des grands transformateurs de puissance.
- Appareillage de connexion et coupe-circuits : TCAC d'environ 5 à 6 % dans les années 2030 grâce à l'expansion et à l'automatisation des sous-stations.
- Remplacement : Un marché plus restreint, mais stratégique, particulièrement intéressant dans les couloirs saturés où la création de nouvelles lignes est limitée.

Des possibilités dans le secteur industriel et les chaînes d'approvisionnement. Le Canada dispose de pôles industriels (notamment en Ontario et au Québec) et d'un accès à des matières premières essentielles (acier, aluminium, cuivre), ce qui justifie pleinement le développement de la production au niveau national et la réduction de la dépendance vis-à-vis des importations.

ÉTAT DE PRÉPARATION

- **Technologie :** Mature et éprouvée; aucun obstacle technique au déploiement.
- **Marché :** Couramment utilisée par les services publics canadiens à l'heure actuelle.
- **Innovations émergentes :**
 - Les appareillages de connexion sans SF₆ (à faibles émissions) et les conducteurs de pointe sont disponibles dans le commerce, mais ne se sont pas encore généralisés.
 - Les transformateurs à semi-conducteurs en sont encore au stade de la démonstration.

OBSTACLES AU DÉPLOIEMENT

Chaînes d'approvisionnement et hausse des coûts (risque le plus élevé) :

- Délais de livraison de un à quatre ans pour les transformateurs, les disjoncteurs haute tension et les équipements de sous-stations.
- Hausses de coûts significatives depuis 2020, dues à des pénuries d'acier magnétique (GOES), de cuivre et de noyaux.
- Forte dépendance vis-à-vis des importations en provenance des États-Unis et d'Asie, qui expose les services publics aux droits de douane, aux risques commerciaux et aux retards de livraison des fournisseurs.

Obstacles liés à la réglementation et aux normes :

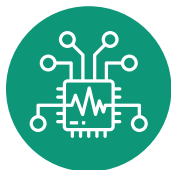
- Le manque d'uniformité des caractéristiques techniques entre les différents services publics freine la normalisation et les économies d'échelle.
- Les innovations plus coûteuses (p. ex., appareillages de connexion sans SF₆, conducteurs de pointe) peinent à obtenir les autorisations réglementaires malgré leurs avantages sur l'ensemble du cycle de vie.

Retombées économiques :

- Les coûts d'investissement élevés pèsent de manière disproportionnée sur les services publics de petite dimension.
- Pression inflationniste sur les taux et les plans d'investissement si les contraintes d'approvisionnement persistent.

DOMAINES D'ACTION PRIORITAIRES

- ▶ **Développer et sécuriser la production nationale** de transformateurs, d'appareillages de connexion, de disjoncteurs et de composants clés en amont.
- ▶ **Regrouper la demande et harmoniser les caractéristiques techniques** entre les différents services publics afin de réduire les délais de livraison et de limiter les risques liés aux investissements.
- ▶ **Favoriser le déploiement d'innovations éprouvées** grâce à une réglementation claire et à un processus d'autorisation basé sur le cycle de vie.
- ▶ **Diversifier les échanges commerciaux et les chaînes d'approvisionnement** afin de réduire la dépendance vis-à-vis de marchés uniques et les risques géopolitiques.



Infrastructures de réseau intelligent

TECHNOLOGIES ÉVALUÉES :

- ▶ Évaluation dynamique de la capacité des lignes
- ▶ Sous-stations numériques
- ▶ Capteurs et systèmes de surveillance du réseau
- ▶ Systèmes de contrôle avancés (SAGD/SGRED)

Les technologies de réseau intelligent associent des capteurs numériques, des systèmes de communication et des logiciels de contrôle afin d'améliorer la visibilité du réseau, d'optimiser l'utilisation des infrastructures existantes et de permettre un fonctionnement plus flexible et plus résilient. Elles se situent entre l'infrastructure physique et les ressources côté clientèle, formant ainsi l'épine dorsale opérationnelle d'un réseau moderne, axé sur les données.

Les technologies de réseau intelligent permettent aux services publics de libérer des capacités inutilisées, de réduire les coupures de courant, de reporter les modernisations nécessitant d'importants investissements, et d'intégrer les ressources énergétiques distribuées à moindre coût et plus rapidement qu'avec les solutions traditionnelles. Ces outils sont indispensables pour gérer l'électrification dans le cadre de droits de passage, de budgets et de délais limités.

OPPORTUNITÉ STRATÉGIQUE

Valeur élevée du système, taille modérée du marché à court terme : Les avantages découlent principalement de la réduction ou du report des dépenses d'infrastructure, d'une fiabilité accrue et d'une meilleure utilisation des infrastructures.

Forte adéquation avec les priorités fédérales et provinciales en matière de modernisation du réseau, de fiabilité, de résilience et d'accessibilité financière.

Possibilité de tirer parti des forces du Canada dans les domaines des logiciels, des services d'ingénierie et de l'automatisation du réseau, même lorsque le matériel est importé.

PRÉPARATION

- **Technologie :** Toutes les technologies sont disponibles dans le commerce et ont fait leurs preuves à l'échelle internationale.
 - **Capteurs, SAGD :** se développent à l'échelle mondiale; leur adoption est inégale au Canada.
 - **Évaluation dynamique de la capacité des lignes, sous-stations numériques :** adoption précoce au Canada, avec des projets pilotes et des déploiements ciblés.
- **Marché :** Le déploiement reste sélectif et spécifique à chaque projet; il ne s'agit pas encore d'une pratique courante.
- **Préparation des politiques :** Partiel. Des financements destinés à l'innovation et des projets pilotes existent, mais les cadres réglementaires généraux sont en retard par rapport à la réalité opérationnelle.

OBSTACLES AU DÉPLOIEMENT

Modèles commerciaux dans le secteur de la réglementation et des services publics.

- La réglementation des services publics fondée sur les frais de service privilégie les immobilisations traditionnelles au détriment des logiciels et des données.
- Les possibilités de recouvrement des coûts sont limitées pour **les systèmes SAGD/SGRED** (logiciels, coûts d'intégration), **les ressources énergétiques distribuées et les sous-stations numériques** (coûts supplémentaires par rapport aux conceptions conventionnelles).
- Les services publics indiquent leur difficulté à démontrer la valeur de leurs services aux organismes de

réglementation, malgré des avantages significatifs tout au long du cycle de vie.

Interopérabilité et normes :

- La fragmentation des normes (CEI 61850, communications des ressources énergétiques distribuées, protocoles pour véhicules électriques) entraîne une augmentation des coûts et renforce la dépendance vis-à-vis des fournisseurs.
- La lenteur des cycles de mise à jour des normes CSA et des codes retarde le déploiement de technologies éprouvées.
- L'absence d'architectures communes complique l'intégration entre les différents fournisseurs et systèmes.

Capacité interne

- Les services publics peuvent trouver les solutions de réseau intelligent complexes et difficiles à mettre en œuvre.
- L'adoption est ralentie par des pénuries de main-d'œuvre dans les domaines de la protection et du contrôle, de l'analyse des données et des systèmes numériques.

DOMAINES D'ACTION

- ▶ **Moderniser la réglementation des services publics :** Permettre le recouvrement des coûts pour les systèmes numériques, les logiciels et les solutions sans fil; adopter des mesures incitatives fondées sur la performance et liées à la fiabilité et à la capacité.
- ▶ **Examiner le mandat, et non l'adopter :** Exiger des services publics qu'ils évaluent explicitement les options de réseau intelligent lors de la planification et du renouvellement des infrastructures.
- ▶ **Accélérer l'harmonisation des normes :** Soutenir les initiatives d'interopérabilité menées par la base; accélérer la mise à jour des codes et des normes afin de faciliter la numérisation et l'intégration des ressources énergétiques distribuées.
- ▶ **Réduire les risques liés au déploiement :** Financer des démonstrations ciblées visant à démontrer les performances opérationnelles dans les conditions canadiennes.
- ▶ **Développer les capacités des services publics :** Investir dans les compétences de la main-d'œuvre et dans l'intégration des systèmes parallèlement au déploiement technologique.



Flexibilité de la demande

TECHNOLOGIES ÉVALUÉES :

- ▶ Systèmes de contrôle de puissance (p. ex., panneaux intelligents, SGE)
- ▶ Dispositifs de flexibilité de la demande en réseau

Les technologies de flexibilité de la demande permettent une gestion active de la demande en électricité au niveau de la clientèle et des circuits d'alimentation, ce qui permet aux charges de s'adapter aux conditions du réseau en temps quasi réel. Cette catégorie comprend les systèmes de gestion de l'énergie (SGE) au niveau des bâtiments et des installations, les panneaux intelligents et les plateformes de contrôle (collectivement appelés « systèmes de contrôle de puissance ») qui coordonnent les charges, la production sur site et le stockage; ainsi qu'une gamme de dispositifs en réseau permettant d'assurer la flexibilité de la demande afin de réduire les pics de consommation et les coûts de modernisation du réseau, notamment les thermostats intelligents, les chargeurs intelligents et bidirectionnels pour véhicules électriques, les thermopompes à air, les chauffe-eau et d'autres appareils destinés à l'usage final, capables de répondre à la demande.

OPPORTUNITÉ STRATÉGIQUE

- **Valeur du système** : La flexibilité de la demande permet de réduire les pics de consommation, de retarder la modernisation des réseaux de distribution, d'améliorer la fiabilité et de réduire les coûts du réseau, souvent pour un coût bien inférieur à celui d'un renforcement traditionnel du réseau.
- **Potentiel d'échelle** : D'ici 2035, des millions de dispositifs contrôlables pourraient être installés dans les foyers et les entreprises canadiennes, constituant ainsi l'une des plus importantes sources de capacité flexible du réseau.
- **Harmonisation des politiques** : Elle s'inscrit parfaitement dans les objectifs d'accessibilité financière, d'électrification et d'électricité propre; elle soutient l'adoption des véhicules électriques, l'électrification des bâtiments et l'intégration des ressources énergétiques distribuées sans surdimensionner les infrastructures.
- **Possibilité nationale** : Il s'agit d'un atout dans les domaines des logiciels, de l'intégration de systèmes et de la prestation de programmes; c'est une occasion de développer des entreprises canadiennes dans les secteurs des SGE, des systèmes de contrôle et des services d'agrégation.

PRÉPARATION

- **Technologie** : Largement au point et disponible dans le commerce. Les thermostats intelligents, les chargeurs de véhicules électriques et les systèmes de gestion de l'énergie (SGE) de base sont déjà largement répandus au Canada; des plateformes de contrôle de puissance intégrées plus avancées en sont aux premiers stades de leur adoption.
- **Marché** : L'adoption par la clientèle est en hausse, en particulier là où des mesures incitatives sont proposées par les services publics. Les secteurs commercial et institutionnel sont en tête; l'adoption par le secteur résidentiel dépend fortement de la conception des programmes.
- **Préparation des politiques** : Inégal. De nombreux services publics mènent des projets pilotes ou des programmes à portée limitée, mais rares sont les juridictions qui disposent de cadres permettant un déploiement à grande échelle et permanent ou une intégration à l'échelle du système.

OBSTACLES AU DÉPLOIEMENT

- **Réglementations et codes (à très haut risque)** : La réglementation des services publics ne tient pas toujours compte de la flexibilité de la demande et des solutions « sans fil », et ne permet pas non plus de rentabiliser les investissements importants en logiciels réalisés côté clientèle.
- **Interopérabilité** : Les codes et normes électriques ne reconnaissent pas clairement les systèmes de contrôle de puissance et de gestion de l'énergie comme des outils permettant d'éviter de surdimensionner les installations ou de gérer la charge, ce qui engendre des difficultés et entraîne des coûts supplémentaires liés aux approbations et aux inspections.
- **Contexte économique et commercial** : Les coûts initiaux, la faible sensibilisation de la clientèle et le recours à des mesures incitatives à court terme freinent l'adoption de ces technologies, en particulier sur les marchés résidentiels.
- **Chaîne d'approvisionnement** : La dépendance vis-à-vis des semi-conducteurs et des composants électroniques importés suscite de plus en plus d'inquiétudes, même si les répercussions sont moins graves que pour le matériel essentiel du réseau.

DOMAINES D'ACTION PRIORITAIRES

- ▶ **Moderniser la réglementation des services publics** : Reconnaître explicitement et rémunérer la flexibilité de la demande, les solutions sans fil et les solutions logicielles.
- ▶ **Mettre à jour les codes et les normes** : Permettre aux systèmes de contrôle de puissance et de gestion de l'énergie et aux dispositifs flexibles de remplacer les mises à jour de capacité traditionnelles et d'améliorer l'interopérabilité.
- ▶ **Mettre en place des signaux de marché durables** grâce à des programmes de services publics à long terme et à des mesures incitatives prévisibles visant à favoriser la flexibilité côté clientèle.
- ▶ **Tirer parti des canaux de distribution existants** (installateurs, agrégateurs, distributeurs) pour étendre efficacement le déploiement.
- ▶ **Intégrer la flexibilité de la demande dans la planification du réseau** afin qu'elle soit prise en compte au même titre que les investissements traditionnels dans les réseaux de transport et de distribution.

Partie 4 :

Analyse et discussion

Possibilités : Nombreuses dans toutes les technologies

L'évaluation technologique présente une conclusion claire et cohérente : toutes les technologies de réseau évaluées jouent un rôle important dans la transition énergétique du Canada. Le matériel traditionnel du réseau, les systèmes de réseau intelligent et les technologies de la demande revêtent tous une grande importance stratégique, ce qui illustre leur rôle collectif dans la promotion de l'électrification, le maintien de la fiabilité et le soutien à la croissance économique, alors que la demande en électricité devrait augmenter de 2 à 3 % par an jusqu'en 2050.⁴¹

Ces technologies renforcent la capacité du Canada à atteindre ses objectifs de carboneutralité, à électrifier les logements, les bâtiments, les transports et l'industrie, et à garantir que le réseau électrique reste fiable, résilient et abordable malgré des contraintes croissantes. Elles s'inscrivent également dans le droit fil des priorités politiques fédérales et provinciales en matière de compétitivité climatique, de grands projets de construction au niveau national et de sécurité énergétique.⁴²

Le potentiel du marché est également important pour la plupart des technologies. Les équipements essentiels du réseau, tels que les transformateurs et les appareillages de connexion, connaissent une croissance soutenue de la demande, portée par le renouvellement des infrastructures et l'expansion du réseau. Les technologies de réseau intelligent et les technologies numériques - notamment les commandes avancées, les capteurs de réseau et l'évaluation dynamique de la capacité des lignes - affichent des taux de croissance élevés à l'échelle mondiale et revêtent une importance croissante au Canada, alors que les services publics cherchent à tirer davantage de capacité des infrastructures existantes. Les technologies côté clientèle, telles que les panneaux intelligents, les systèmes de gestion énergétique (SGE) et les dispositifs en périphérie du réseau, en sont encore à leurs débuts au Canada, mais présentent un fort potentiel de croissance dans les juridictions où les cadres politiques et réglementaires sont favorables.

Cela signifie que les occasions de marquer déterminent la nécessité stratégique, et non l'ordre de priorité. La distinction entre les technologies ne tient pas à leur « importance », mais à leur degré de maturité pour un déploiement à grande échelle et aux obstacles qui entravent ce déploiement.

TABLEAU 3. POTENTIEL DE CROISSANCE ET MARCHÉS CLÉS POUR LES TECHNOLOGIES DE RÉSEAU

Technologie	Potentiel de croissance (TCAC/prévision des marchés)
Transformateurs (puissance et distribution)	TCAC de 6 à 7,5 % jusqu'en 2030; taille potentielle du marché de 2,6 G\$
Appareillage de connexion et disjoncteurs (tension moyenne et élevée)	TCAC de 5 à 6 % jusqu'en 2033; taille potentielle du marché de 4,2 G\$
Remplacement des conducteurs par des conducteurs de pointe	TCAC de 3 à 4 % jusqu'en 2031; taille potentielle du marché de 450 M\$
Évaluation dynamique de la capacité des lignes	TCAC de 20 à 30 % jusqu'en 2035
Capteurs et systèmes de surveillance du réseau	TCAC de 8,9 % (IMA, jusqu'en 2035); taille potentielle du marché d'environ 600 M\$
Sous-stations numériques	TCAC de 6 à 8 % jusqu'en 2035 (prévision mondiale)
Systèmes de contrôle avancés (SAGD/SGRED)	TCAC de 15 à 20 % jusqu'en 2030; taille potentielle du marché de 385 M\$
Systèmes de contrôle de puissance	TCAC de 20 à 30 % jusqu'en 2030 (mondial)
Dispositifs côté clientèle en réseau	TCAC de 15 à 25 % jusqu'en 2030 (mondial)

⁴¹ [Forecasting Canada's Electricity Future - L'Accélérateur de transition](#) (en anglais seulement)

⁴² [Budget 2025 : un pas dans la bonne direction pour renforcer la compétitivité climatique du Canada](#)

État de préparation : La technologie n'est pas le facteur limitant

Les écarts de maturité entre les différentes technologies sont bien réels, mais les études et les entrevues avec des spécialistes soulignent systématiquement que la maturité technologique constitue rarement le principal frein pour ce groupe de technologies.

Les membres de l'ÉFC ont souligné que l'adoption actuelle sur le marché varie – elle est la plus forte pour les appareillages de connexion et les coupe-circuits, les transformateurs et les conducteurs; la plus faible pour les sous-stations numériques, les systèmes de contrôle avancés, les SGE et les tableaux intelligents ainsi que les capteurs de réseau, mais que toutes ces technologies devraient connaître une hausse modérée ou forte de la demande au cours des cinq à dix prochaines années. Seul·e·s 11 % des répondant·e·s ont cité la maturité technologique comme un frein à la croissance.

Les services publics que nous avons interrogés dans le cadre de cette étude ont souligné que la « disponibilité commerciale » ne signifiait pas pour autant que la technologie était « déployable à grande échelle ». Une société d'électricité d'État a souligné l'importance des sous-stations numériques, des capteurs et des systèmes de contrôle avancés pour le réseau de demain, mais leur déploiement progresse lentement en raison des risques liés à l'intégration, du cadre réglementaire et des contraintes en matière de capacités internes. Une société d'électricité de taille moyenne a abondé dans ce sens, soulignant que, bien que les systèmes avancés de gestion de la distribution (ADMS), les infrastructures de mesurage avancées et les outils numériques progressent, le principal défi réside dans la préparation organisationnelle, les capacités de la main-d'œuvre et l'intégration des systèmes, et non dans la technologie elle-même.

D'après les entrevues, les lacunes en matière de préparation étaient le plus souvent liées aux éléments suivants :

- des mécanismes de recouvrement des coûts peu clairs pour les investissements dans le numérique et les logiciels;
- des mesures incitatives limitées en faveur des solutions sans fil et de l'intégration des ressources énergétiques distribuées;
- des difficultés d'interopérabilité et des risques de dépendance vis-à-vis des fournisseurs;
- des contraintes en matière de main-d'œuvre et de capacités en cybersécurité.

Cela confirme une conclusion essentielle : c'est l'état de préparation des systèmes, et non celui des technologies, qui constitue le principal frein pour de nombreuses solutions émergentes en matière de réseau.

Obstacles au déploiement : Quand les politiques peuvent faire la différence

Parmi les neuf technologies évaluées, ce sont désormais les obstacles au déploiement, plutôt que l'innovation, qui constituent le principal frein à la transition énergétique du réseau canadien. Si la nature et l'ampleur des obstacles varient selon les technologies, une hiérarchie claire se dégage des analyses, des sondages et des échanges avec des acteurs du secteur : **les contraintes liées aux chaînes d'approvisionnement et aux coûts constituent le principal défi à l'échelle du système**, en particulier pour le matériel essentiel du réseau. Une autre série d'obstacles réside dans les cadres réglementaires, les codes et les normes qui limitent l'interopérabilité et ralentissent le déploiement de solutions numériques et flexibles.

Contraintes liées aux chaînes d'approvisionnement et aux coûts

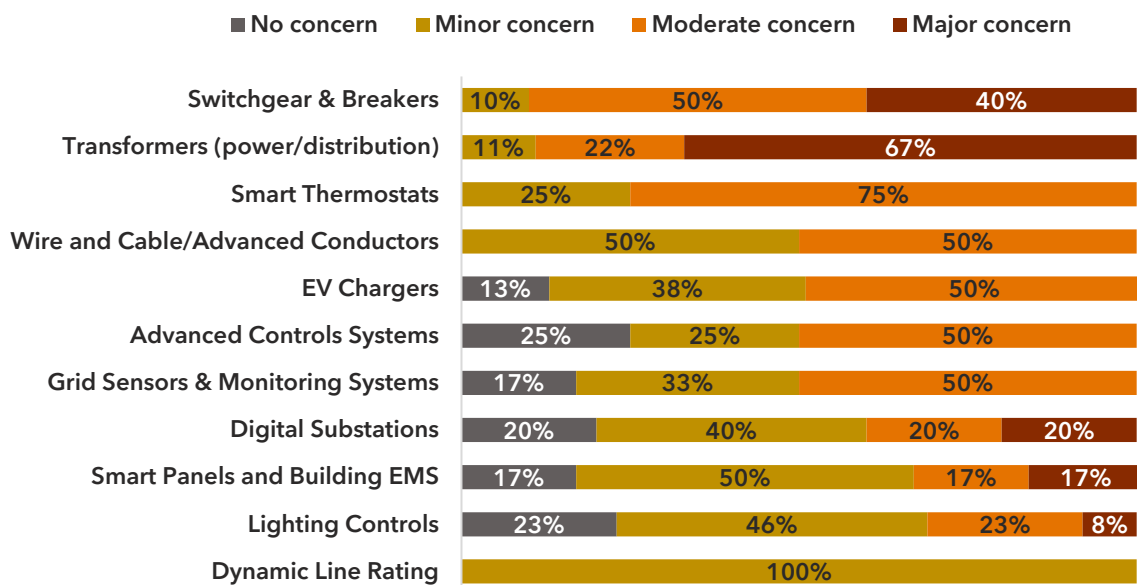
Les contraintes liées aux chaînes d'approvisionnement sont particulièrement marquées pour le matériel essentiel du réseau, notamment les transformateurs de puissance et de distribution, ainsi que les appareillages de connexion et les disjoncteurs à moyenne et haute tension. Ces technologies sont confrontées à des délais d'approvisionnement longs et incertains, ainsi qu'à une hausse des coûts due à des pénuries de matériaux (cuivre, acier magnétique, noyaux, isolants), à une forte dépendance vis-à-vis des importations et à une exposition aux risques commerciaux et géopolitiques.

Les délais d'approvisionnement pour certaines technologies de réseau ont atteint un à trois ans, voire plus, en raison de pénuries de matériaux essentiels, tels que le cuivre, l'acier magnétique, les noyaux de transformateurs, les isolants et les composants spécialisés. La forte dépendance vis-à-vis des importations – provenant principalement des États-Unis et d'Asie – a accru la vulnérabilité face aux droits de douane, aux différends commerciaux et le risque de futures restrictions à l'exportation. Les spécialistes du secteur ont souligné que les risques liés aux chaînes d'approvisionnement ne se limitent plus aux équipements complexes, mais s'étendent désormais aux composants de base, tels que les boulons, les éléments de fixation et les treillis en acier, alors que l'absence d'un seul élément peut retarder l'ensemble d'un projet.

Les résultats de sondage renforcent ces conclusions :

- **47 % des membres de l'ÉFC interrogé·e·s** ont cité les coûts initiaux élevés comme principal obstacle au déploiement, beaucoup d'entre eux·elles soulignant que la hausse des coûts est directement liée aux perturbations de la chaîne d'approvisionnement.
- **Les préoccupations liées à la chaîne d'approvisionnement sont les plus vives pour les transformateurs** (pour 67 %, il s'agit d'une préoccupation « très importante ») et **les appareillages de connexion et les coupe-circuits** (pour 40 %, il s'agit d'une préoccupation « très importante »), 9 personnes sur 10 se déclarant au moins « modérément préoccupées ».
- Les conséquences les plus fréquemment citées étaient **l'allongement des délais** (39 %) et **l'augmentation des coûts** (37 %), tandis que 16 % des répondant·e·s ont fait état de **possibilités commerciales manquées** et 14 % n'ont pas été en mesure de répondre à la demande de leur clientèle en raison de contraintes d'approvisionnement.

ILLUSTRATION 8. NEUF MEMBRES DE L'ÉFC SUR DIX SE DISENT « TRÈS » OU « ASSEZ » PRÉOCCUPÉ-E-S PAR LES CHAÎNES D'APPROVISIONNEMENT POUR LES TRANSFORMATEURS, LES APPAREILLAGES DE CONNEXION ET LES DISJONCTEURS.



Ces pressions ont des répercussions directes sur l'accessibilité financière de l'électricité, les délais de modernisation du réseau et la capacité à raccorder de nouvelles charges et de nouvelles sources de production. Les services publics ont indiqué que les longs délais d'approvisionnement pourraient les contraindre à remanier le calendrier des projets, à remplacer certains fournisseurs ou produits, et à faire approuver à nouveau les plans, ce qui entraînerait une cascade de retards et de coûts supplémentaires. Les parties prenantes du secteur s'attendent généralement à ce que ces contraintes persistent pendant au moins les cinq prochaines années, rendant les transformateurs et les appareillages de connexion des **éléments à haut risque et hautement prioritaires pour une intervention politique.**

TABLEAU 4. LES DÉLAIS D'APPROVISIONNEMENT POUR LE MATÉRIEL ESSENTIEL DE RÉSEAU SONT ACTUELLEMENT DE UN À TROIS ANS.

Catégorie d'équipements	Délais d'approvisionnement	Sources
Transformateurs de puissance	de 80 à plus de 210 semaines (de 1,5 à 4 ans)	Wood Mackenzie
Disjoncteurs à haute tension	151 semaines (3 ans)	Sources
Appareillage de connexion à moyenne tension	jusqu'à 80 semaines ⁴³	Kiewit
Transformateurs de distribution	plus de 100 semaines (environ 2 ans)	Sources
Câbles à haute tension	de 2 à 3 ans	AIE
Câbles CC	plus de 5 ans	AIE
Matériel de sous-station (enceintes, systèmes de protection)	plus de 100 semaines (environ 2 ans)	Sources

⁴³ Varie grandement selon le type d'actifs.

Obstacles liés à la réglementation et aux politiques

Si les chaînes d'approvisionnement jouent un rôle prépondérant pour le matériel du réseau, les **obstacles liés à la réglementation et aux politiques constituent le frein le plus important pour les technologies de réseau intelligent et de gestion de la demande**, notamment les systèmes de contrôle avancés (SAGD/SGRED), les capteurs de réseau, les systèmes de contrôle de puissance et d'autres solutions numériques.

Les fournisseurs de services publics et de technologies ont mis en avant deux problèmes récurrents :

- 1. Les cadres réglementaires et tarifaires applicables aux services publics** qui privilégient les investissements conventionnels et capitalistiques au détriment des solutions logicielles, des données et des solutions sans fil, et qui ne prévoient pas de mécanismes clairs d'évaluation et de rémunération pour les ressources énergétiques distribuées, la flexibilité de la demande et les services de réseau;
- 2. Des codes et des normes qui sont en retard sur la technologie**, ce qui limite la capacité des solutions émergentes à apporter une valeur ajoutée au système – par exemple, l'absence, dans le Code canadien de l'électricité, de directives claires concernant les systèmes de contrôle de puissance, ce qui retarde la mise à niveau des services.

Environ un tiers (32 %) des répondant·e·s au sondage ont cité les cadres réglementaires comme un obstacle, juste derrière les coûts initiaux, tandis que 28 % d'entre eux·elles ont identifié l'adoption des services publics comme une contrainte (étroitement liée aux autorisations réglementaires et aux règles de recouvrement des coûts). Les services publics ont fait remarquer que même des technologies éprouvées, telles que l'évaluation dynamique de la capacité des lignes ou le remplacement des conducteurs, peuvent se heurter à des obstacles au déploiement lorsque les coûts supplémentaires sont difficiles à justifier dans le cadre réglementaire actuel, malgré d'importants avantages sur l'ensemble du cycle de vie. Cette conclusion est corroborée par une étude d'étalonnage réalisée en 2023 sur les services publics, qui a révélé que peu d'entre eux avaient obtenu l'autorisation réglementaire de considérer les ressources énergétiques distribuées comme des solutions sans fil ou de les utiliser pour des services auxiliaires.⁴⁴

Interopérabilité et normes

L'interopérabilité s'est révélée être un obstacle persistant à l'échelle du système, touchant à la fois le matériel et les technologies numériques. Les services publics et les fabricants ont souligné que la fragmentation des normes, les caractéristiques techniques propres à chaque service public et la lenteur des processus de mise à jour des codes étaient à l'origine d'une augmentation des coûts, d'une complexité accrue des achats, d'un risque de dépendance vis-à-vis des fournisseurs et de retards de déploiement.

Bien qu'elle ait été citée par moins de répondant·e·s au sondage que les coûts ou la réglementation (18 %), l'interopérabilité a occupé une place prépondérante dans les entrevues. Plusieurs services publics ont souligné que la dépendance vis-à-vis d'un seul fournisseur peut freiner les efforts de modernisation en cas de problèmes d'approvisionnement ou de performance, tandis que les spécialistes du secteur ont mis en avant des décennies de caractéristiques techniques sur mesure qui limitent les économies d'échelle et ralentissent la réactivité des fabricants.

⁴⁴ Groupe d'innovation du réseau intelligent et Dunsky. 2023. [Initiative de Référenciation de l'énergie intelligente pour les services publics](#).

Investissements récents dans la fabrication d'équipements électriques au Canada

Les fabricants canadiens réagissent aux contraintes liées à l'approvisionnement en équipements de réseau par d'importantes expansions de capacité en Ontario et au Québec, mobilisant des centaines de millions de dollars et créant des centaines d'emplois qualifiés dans les secteurs des transformateurs, des appareillages de connexion et des équipements de distribution électrique :

- **Hitachi Énergie (Québec)** - septembre 2025 : projet d'expansion de 270 M\$ du centre de fabrication de transformateurs CCHT et de la plateforme de recherche et développement de Varennes, dont 40 M\$ provenant du gouvernement du Canada. Cet investissement permettra de tripler la capacité de production de grands transformateurs de puissance et de transformateurs CCHT, et de créer environ 500 emplois hautement qualifiés.
- **Northern Transformer Corporation (Ontario)** - septembre 2025 : Le premier coup de pioche a été donné pour la construction d'un site de 207 M\$ à Innisfil, destiné à la fabrication de grands transformateurs de puissance. Il sera doté de capacités d'assemblage complet et d'essais haute tension, ce qui permettra d'accroître considérablement la capacité de production de transformateurs de l'Ontario et de réduire la dépendance vis-à-vis des importations.
- **Eaton Canada (Ontario)** - Investissement de 15 M\$ pour développer la fabrication d'appareillages de connexion basse tension, de tableaux de contrôle et de panneaux de distribution, ce qui permettra d'augmenter la capacité de production d'environ 20 %.
- **ABB Électrification Canada (Québec)** - Investissement de 130 M\$ dans un nouveau site de fabrication et de recherche et développement à Montréal, visant à accroître la capacité de production et à soutenir l'innovation dans le domaine des technologies de pointe en matière de protection et de distribution de l'énergie.
- **Schneider Electric (Québec)** - Agrandissement du site de Brossard, augmentation de la capacité de production d'environ 30 %, création d'environ 70 emplois et mise en service d'une nouvelle ligne de production d'équipements électriques et de dispositifs de distribution d'électricité destinés aux bâtiments et aux infrastructures.
- **CES Transformers (Ontario)** - janvier 2026 : Investissement de 100 M\$ pour agrandir le site de production de Markham, afin de plus que tripler la capacité de production de transformateurs électriques à haut rendement et de créer plus de 150 emplois dans le secteur de la fabrication de pointe.

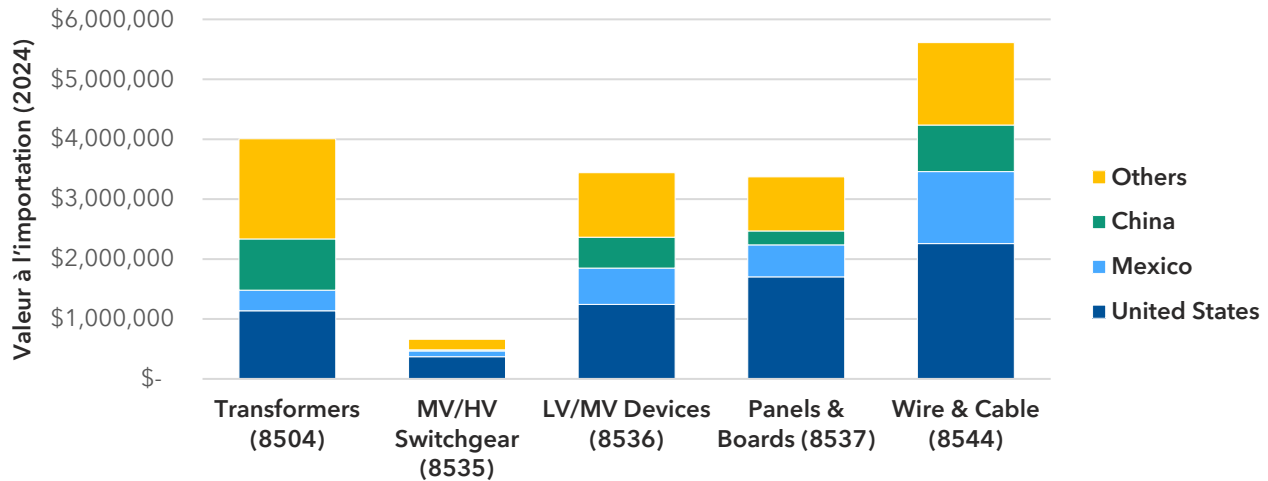
Synthèse : Pourquoi les chaînes d'approvisionnement sont-elles au cœur des mesures à prendre?

Dans l'ensemble, ces résultats mènent à une conclusion claire : **le risque lié aux chaînes d'approvisionnement constitue une vulnérabilité stratégique pour le secteur de l'électricité canadien**, dont les répercussions les plus immédiates et les plus importantes touchent le matériel essentiel du réseau. Contrairement aux obstacles liés aux réglementations ou aux normes - qui varient selon les technologies et les juridictions, les perturbations des chaînes d'approvisionnement se manifestent déjà dans tout le pays sous la forme de retards dans les projets, de hausses des coûts et de contraintes pesant sur l'expansion des capacités.

Le Canada aborde cette période en disposant d'atouts majeurs, notamment une capacité de fabrication nationale bien établie pour certains équipements de réseau, une expertise approfondie en ingénierie et

en automatisation des réseaux, des instituts de recherche et développement solides, ainsi qu'un accès à des matériaux essentiels (tels que l'acier, l'aluminium et le cuivre). Le Canada est déjà un exportateur de premier plan dans certains secteurs; par exemple, environ **20 % des importations américaines d'appareillages de connexion haute tension** en 2024 provenaient du Canada.⁴⁵

ILLUSTRATION 9. LES IMPORTATIONS D'ÉQUIPEMENTS DE RÉSEAU PROVIENNENT PRINCIPALEMENT DES ÉTATS-UNIS, DU MEXIQUE ET DE LA CHINE⁴⁶



La récente croissance de la demande a également stimulé les investissements visant à accroître les capacités de fabrication nationales (voir l'encadré ci-dessus). Selon certains acteurs du secteur, la mise en place de nouvelles capacités de fabrication et le renforcement des chaînes d'approvisionnement en amont (p. ex., pour l'acier magnétique) pourraient porter leurs fruits d'ici quelques années.⁴⁷ Cependant, les fabricants sont confrontés à toute une série de contraintes, notamment des pénuries de matériaux et de main-d'œuvre, qui limitent la rapidité avec laquelle la production peut s'adapter pour répondre à la demande croissante.⁴⁸

Dans le même temps, le Canada reste un marché relativement restreint et tributaire des importations. **Le commerce intérieur ne représente que 3 % de l'approvisionnement en équipements électriques essentiels**, contre 60 % pour les importations, ce qui expose le pays aux perturbations mondiales et aux restrictions commerciales. Comme le montre l'illustration 9, le Canada dépend fortement de trois pays - les États-Unis, le Mexique et la Chine - pour ses importations de technologies de réseau critiques, qui ont représenté environ 70 % des importations en 2024. En revanche, près de 90 % des exportations d'électricité du réseau canadien sont destinées aux États-Unis, ce qui rend les fournisseurs très vulnérables aux droits de douane.

Cette dynamique souligne la nécessité de mettre en place **des interventions ciblées et stratégiques**, axées sur les technologies et les chaînes d'approvisionnement où les risques sont les plus élevés et où les occasions nationales sont réelles. Les personnes interrogées ont mis en avant le récent partenariat entre Hydro One, Northern Transformer et les gouvernements fédéral et provincial comme un modèle potentiel pour des actions futures (voir l'encadré ci-dessus). Les implications de cette analyse se traduisent dans la section suivante par une proposition de politique et en une feuille de route pour le secteur.

⁴⁵ [Transformer, breaker backlogs persist, despite reshoring progress | Utility Dive](#) (en anglais seulement)

⁴⁶ [Données sur le commerce en direct](#)

⁴⁷ [JFE Shoji Power Canada Calls For Greater Investments In Electrical Transformer Manufacturing - Canadian Manufacturing](#) (en anglais seulement)

⁴⁸ RNCan. 2025. Analyse non publiée.

Partenariat entre Hydro One et Northern Transformer : Développer la fabrication nationale de technologies de réseau

Northern Transformer Corporation (NTC) investit **207 M\$ dans un nouveau site de fabrication de pointe à Innisfil, en Ontario, destiné à la production de grands transformateurs de puissance à haute tension**. Ce projet marque une expansion délibérée vers le segment des grands transformateurs de puissance et constitue le deuxième site de fabrication de NTC dans la province, venant compléter ses installations existantes à Maple.

Cette expansion repose sur le rôle d'**Hydro One en tant que cliente phare stratégique**. Hydro One s'est engagée publiquement à consacrer environ 165 M\$ par an aux infrastructures énergétiques de Northern Transformer, offrant ainsi une garantie de demande à long terme qui a permis de définir l'ampleur et la portée de cet investissement.

Les gouvernements fédéral et provincial soutiennent ce projet à hauteur de 10,5 M\$ provenant d'Investissements Ontario et de 6 M\$ provenant de FedDev Ontario. **Le financement public est explicitement lié à la réduction de la dépendance vis-à-vis des transformateurs importés et au renforcement des chaînes d'approvisionnement nationales en électricité.**

Le site d'Innisfil devrait créer entre 150 et 200 emplois directs et entrer en service vers 2028. Au-delà de l'assemblage de transformateurs, le projet vise à renforcer les chaînes d'approvisionnement nationales pour les principaux facteurs de production, notamment l'acier magnétique, les câbles et les isolants.

Les spécialistes du secteur que nous avons interrogé·e·s ont qualifié ce partenariat de « **cas d'école** » en matière de renforcement des capacités nationales : des signaux clairs de la part des services publics, des fabricants qui se lancent dans de nouvelles gammes de produits, et des gouvernements qui harmonisent leurs politiques et leurs financements pour combler une lacune stratégique en matière d'approvisionnement.

Sources : [Transformer Technology](#); [Construct Connect](#); [Canadian Manufacturing](#); entrevues dans le secteur.

Partie 5 :

Feuille de route des technologies de réseau

Répercussions pour le secteur des technologies de réseau du Canada

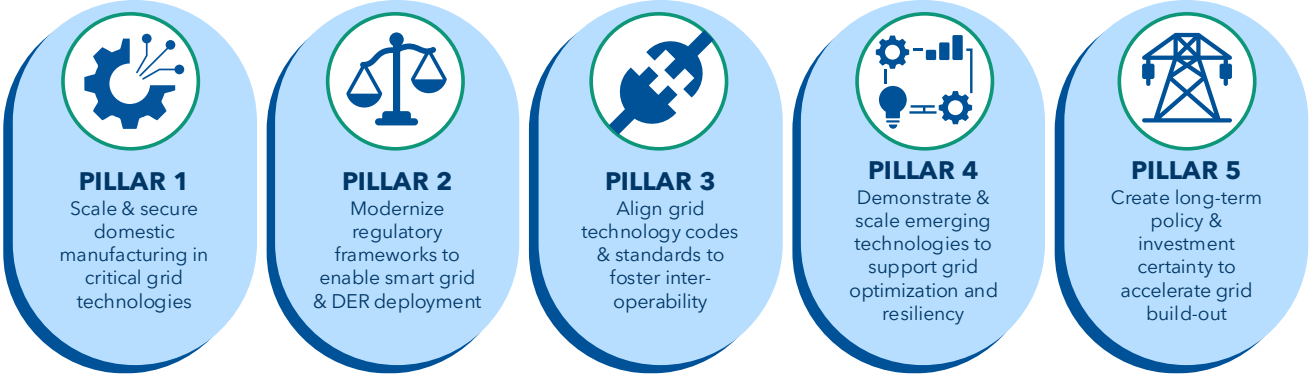
Le Canada aborde la prochaine étape de sa transition énergétique en s'appuyant sur des atouts de taille : une capacité de fabrication bien établie en matière d'équipements de réseau, une solide expertise en ingénierie et en logiciels, ainsi qu'un accès aux matériaux essentiels. Dans le même temps, le secteur reste fortement tributaire des importations, avec des échanges interprovinciaux limités et une vulnérabilité croissante face aux perturbations des chaînes d'approvisionnement mondiales, aux restrictions commerciales et à la hausse des coûts. Ces défis sont aggravés par des obstacles liés aux réglementations et au marché, qui ralentissent le déploiement des technologies de réseau, qu'elles soient traditionnelles ou émergentes.

Avec des centaines de milliards de dollars d'investissements prévus dans le réseau au cours de la prochaine décennie, et un besoin estimé à 1 400 milliards de dollars d'ici 2050 pour atteindre l'objectif de carboneutralité, les possibilités pour l'industrie nationale sont considérables. Pour saisir cette occasion, il importe moins d'identifier de nouvelles technologies que de lever les obstacles existants qui retardent ou empêchent le déploiement de solutions éprouvées déjà utilisées dans d'autres pays. La feuille de route ci-dessous traduit nos conclusions en un ensemble ciblé de priorités et de mesures stratégiques visant à réduire les risques, à accélérer le déploiement et à renforcer l'écosystème des technologies de réseau du Canada.

Le renforcement de la production nationale de technologies de réseau critiques peut améliorer la sécurité énergétique et apporter des avantages économiques à la population canadienne. Parallèlement, le Canada doit continuer à avoir accès aux technologies de réseau de pointe sur les marchés mondiaux, en particulier dans les domaines où les capacités nationales restent limitées. Concrètement, les priorités stratégiques du Canada sont au nombre de trois :

- 1. Développer des pôles de compétitivité internationale dans les technologies de réseau stratégiques**, en mettant l'accent sur les secteurs où les capacités nationales et les chaînes d'approvisionnement offrent des avantages en matière de sécurité, et où le Canada dispose d'une voie crédible vers la compétitivité mondiale.
- 2. Garantir une capacité de fabrication nationale suffisante pour les technologies essentielles**, en particulier pour celles qui contribuent le plus au risque de la chaîne d'approvisionnement, à la hausse des coûts, à la sécurité et à la résilience.
- 3. Favoriser un marché concurrentiel et ouvert pour les technologies de réseau de classe mondiale**, en supprimant de manière proactive les obstacles liés aux réglementations et au marché, en facilitant les investissements étrangers directs et en modernisant les codes, les normes ainsi que les systèmes de formation et de certification de la main-d'œuvre.











Afin d'opérationnaliser ces priorités au cours de la prochaine décennie, Dunsky recommande un ensemble d'actions coordonnées à l'intention des gouvernements, des organismes de réglementation, des services publics et du secteur, s'articulant autour des **cinq axes stratégiques** suivants :



PILIER 1 : Développer et sécuriser les chaînes de fabrication et d'approvisionnement nationales pour les technologies de réseau critiques

Objectif : Réduire les vulnérabilités stratégiques (droits de douane, contrôles à l'exportation, longs délais d'approvisionnement) et attirer les investissements privés dans les domaines où le Canada est compétitif.




Action	Détails	Échéance	Acteurs			
			Fédéral	Provincial	Industrie	Services publics/organisme de réglementation
1. Étendre les crédits d'impôt à l'investissement (CII) pour la fabrication de technologies propres afin d'inclure les technologies de réseau stratégiques	Modifier les CII pour la fabrication de technologies propres afin d'inclure les technologies de réseau stratégiques dans la liste des activités de fabrication de technologies carboneutres admissibles : <ul style="list-style-type: none"> • Infrastructure du réseau : p. ex., transformateurs de puissance ou de distribution, appareillages de connexion et coupe-circuits MT/HT, conducteurs de pointe • Composants secondaires clés constituant un goulot d'étranglement (p. ex., les noyaux de transformateurs) • Technologies de réseau intelligent et de flexibilité de la demande identifiées dans le présent rapport 	Court terme				
2. Lancer des initiatives de « chaînes d'approvisionnement essentielles pour le réseau »	Collaborer avec l'industrie pour identifier les goulots d'étranglement et co-investir dans les capacités (réoutillage, nouvelles lignes, capacité de test, équipements de fabrication à long délai d'approvisionnement), en utilisant une courte liste de lacunes prioritaires (p. ex., sous-composants de transformateurs; coupe-circuits HT; contraintes liées à l'acier magnétique ou au noyau; composants électroniques ou circuits intégrés sélectionnés lorsque cela est réaliste).	Court terme				

3. Fournir un financement stratégique pour soutenir le secteur manufacturier national et les chaînes d’approvisionnement	Fournir un financement concessionnel (par l’intermédiaire de la BIC, de la BDC ou d’autres organismes de financement) et un soutien complémentaire (p. ex., des garanties de prêt, un soutien à l’achat de référence) pour réduire les risques liés à l’augmentation de l’offre intérieure liée aux signaux d’approvisionnement des services publics et des client·e·s.	Court terme					
4. Coordonner les achats conjoints entre les services publics	Regrouper la demande et harmoniser les caractéristiques techniques des principaux équipements de réseau afin de garantir les capacités de fabrication et de réduire les délais d’approvisionnement.	Court terme					
5. Mettre en place des mesures incitatives favorisant l’utilisation de produits nationaux dans le domaine des technologies de réseau	Offrir des « bonus » ou des incitations à l’utilisation de produits nationaux pour encourager les services publics et les promoteur·rice·s à utiliser des technologies fabriquées au Canada lorsque cela est possible (éviter les obligations d’« Acheter canadien » qui pourraient augmenter les coûts ou limiter les options).	Moyen terme					
6. Constituer des réserves stratégiques d’équipements essentiels	Constituer des stocks d’urgence de transformateurs et d’appareillages de connexion; coordonner le partage des stocks entre les entreprises de services publics.	Long terme					

PILIER 2 : Moderniser les cadres réglementaires pour permettre le déploiement des réseaux intelligents et des ressources énergétiques distribuées (RED)

Objectif : Supprimer les préjugés structurels en faveur des solutions conventionnelles basées uniquement sur l'exercice de capacité; permettre un financement en temps opportun pour accélérer le déploiement à grande échelle des technologies de réseau critiques (y compris le matériel, les logiciels et les solutions sans fil).

Action	Détails	Échéance	Acteurs			
			Fédéral	Provincial	Industrie	Services publics/organisme de réglementation
7. Mettre en place une initiative de réforme de la réglementation des services publics à l'échelle nationale	Investir dans des initiatives à l'échelle nationale pour définir des réformes de la réglementation des services publics fondées sur les meilleures pratiques ou « sans regret » afin de permettre aux consommateurs de tirer le meilleur parti des technologies de réseau. Le champ d'application devrait inclure les mécanismes de recouvrement des coûts; l'intégration des RED; les solutions sans fil; les politiques relatives aux frais d'expansion; et d'autres réformes réglementaires axées sur le rendement.	Court terme	✓	✓	✓	✓
8. Créer des mécanismes clairs de recouvrement des coûts pour les investissements dans les réseaux numériques	Autoriser la capitalisation des logiciels et des plateformes numériques (SAGD / SGRED, capteurs, communications, cybersécurité); permettre une récupération pluriannuelle.	Court terme		✓		✓
9. Exiger des services publics qu'ils prennent en compte les technologies numériques et d'amélioration du réseau dans leur planification	Les organismes de réglementation provinciaux devraient exiger des services publics qu'ils démontrent comment ils évaluent les technologies « non traditionnelles » (p. ex., les commandes numériques, la détection, la flexibilité, le renouvellement des lignes ou l'évaluation dynamique de la capacité des lignes, les solutions sans fil) parallèlement aux solutions avec fil, et envisager d'exiger une réponse à la demande et des RED rentables.	Moyen terme		✓		✓

10. Offrir des mesures incitatives au rendement pour les solutions de réseau intelligent et d'infrastructures essentielles	<p>Mécanismes d'incitation au rendement des services publics liés aux résultats en matière de fiabilité, de résilience, d'électrification et de décarbonisation.</p>	<p>Moyen terme</p>		
11. Examiner les programmes de maîtrise de la demande d'électricité (MDE) pour soutenir la planification électrique intégrée des bâtiments et des installations	<p>Avec l'électrification croissante des bâtiments et le déploiement des bornes de recharge pour véhicules électriques, les programmes de MDE devraient évoluer afin d'aider les ménages et les entreprises à utiliser plus efficacement leur capacité électrique limitée. La mise à jour des programmes et des incitations de MDE pour soutenir la planification électrique intégrée et la « conception efficace de l'énergie » (y compris les appareillages de commande et de protection et les RED) peut réduire le besoin de mises à niveau coûteuses des services, diminuer les pics de demande sur le réseau et offrir des avantages à long terme aux consommateur·rice·s.</p>	<p>Moyen terme</p>		

PILIER 3 : Harmoniser les codes et les normes pour supprimer les obstacles réglementaires et favoriser l'interopérabilité des systèmes

Objectif : Permettre le déploiement de technologies clés de calibre mondial au Canada, réduire la dépendance vis-à-vis des fournisseurs et abaisser les obstacles au déploiement, notamment en matière de flexibilité de la demande en réseau et des technologies de réseau intelligent.

Action	Détails	Échéance	Acteurs			
			Fédéral	Provincial	Industrie	Services publics/organisme de réglementation
12. Déterminer et lever les obstacles réglementaires aux technologies de réseau avancées	Élaborer et tenir à jour une liste constamment actualisée des technologies stratégiques de réseau intelligent et de flexibilité de la demande, et documenter systématiquement les codes et les normes qui limitent leur déploiement. Réaliser un audit indépendant des organismes canadiens d'élaboration et de surveillance des normes afin de cerner les possibilités de rationaliser les processus, d'éliminer les exigences redondantes et d'accélérer les mises à jour. Établir des échéanciers clairs et des mécanismes de responsabilisation pour moderniser les réglementations en matière de sécurité électrique et des normes d'interopérabilité.	Moyen terme	✓			
13. Accélérer l'élaboration et les mises à jour des codes et des normes	Fournir un financement et un soutien pour mettre à jour et/ou introduire des normes et des codes (p. ex., CSA 22.3) afin de favoriser l'interopérabilité, de réduire le chevauchement des tâches, de mettre à jour les réglementations de sécurité permettant les technologies de réseau, et d'améliorer la cybersécurité.	Court terme	✓	✓	✓	✓
14. Examiner les parcours de formation et de compétences de la main-d'œuvre du réseau	Réaliser un examen approfondi de la formation et de la certification de la main-d'œuvre dans l'industrie de l'électricité afin de favoriser les connaissances, les compétences et les aptitudes nécessaires à la mise en œuvre des technologies de réseau.	Moyen terme	✓	✓		

PILIER 4 : Démontrer et déployer à grande échelle les technologies émergentes

Objectif : Réduire l'aversion au risque en produisant des données probantes sur le rendement et les coûts au Canada grâce à des projets pilotes structurés et à la collecte et au partage de données probantes.

Action	Détails	Échéance	Acteurs			
			Fédéral	Provincial	Industrie	Services publics/organisme de réglementation
15. Financement fédéral pour la démonstration des réseaux intelligents	Relancer et/ou maintenir les programmes de financement pour la démonstration des réseaux intelligents (p. ex., ÉRITE; le Programme d'innovation énergétique - Réseaux intelligents) avec des horizons pluriannuels et des exigences de réplification plus clairs.	Court terme	✓			
16. Projets pilotes ciblés pour combler les lacunes en matière de données probantes sur les services publics	Soutenir les projets pilotes pour les technologies ciblées qui ne présentent pas d'avantages opérationnels clairs au Canada, y compris l'évaluation dynamique de la capacité des lignes, le renouvellement des lignes avec des sous-stations numériques avancées/CEI 61850.	Court terme	✓	✓		✓
17. Collecte et partage des données de rendement des projets pilotes	Exiger le partage des données de rendement et des recueils d'activités des projets pilotes financés par des fonds publics (indicateurs standard, rapports comparables, enseignements tirés).	Moyen terme	✓	✓		✓

PILIER 5 : Créer des signaux politiques prévisibles à long terme pour débloquer les investissements et accélérer le déploiement du réseau

Objectif : Fournir la certitude réglementaire, l’harmonisation des plans et la rapidité d’exécution nécessaires pour mobiliser les capitaux à l’échelle requise aux fins de la modernisation de l’expansion du réseau et du déploiement de la demande. Des signaux politiques prévisibles et durables réduisent les risques d’investissement, soutiennent les chaînes d’approvisionnement nationales et permettent aux services publics, aux promoteur·rice·s, aux fabricant·e·s et aux client·e·s d’agir en toute confiance.

Action	Détails	Échéance	Acteurs			
			Fédéral	Provincial	Industrie	Services publics/organisme de réglementation
18. Accélérer les projets prioritaires d’infrastructure de transport et de réseau	Mettre en place des processus d’approbation simplifiés et assortis de délais pour les infrastructures de réseau prioritaires, selon le principe « un projet, un examen ». Réduire le chevauchement des tâches entre le fédéral et le provincial tout en maintenant les exigences de consultation des populations autochtones et les mesures de protection de l’environnement et des communautés, et déléguer les approbations lorsque les capacités provinciales le permettent.	Court à moyen terme	✓	✓		✓
19. Fournir un soutien fédéral aux couloirs de transport d’électricité régionaux	Apporter un soutien financier et des mesures d’accompagnement liés à des projets d’intérêt national, notamment une planification multipartite, des modèles de partage des coûts et des cadres d’avantages transparents pour le commerce et la fiabilité.	Court terme	✓	✓		✓
20. Maintenir et renforcer la stabilité politique et réglementaire à long terme	Maintenir des signaux politiques et réglementaires clairs et durables qui soutiennent l’électrification, l’investissement dans le réseau et le déploiement d’énergie propre. Veiller à ce que les cadres politiques soient prévisibles, propices à l’investissement et alignés sur les horizons d’investissement à long terme dans les infrastructures de réseau et les installations de fabrication connexes.	Court terme	✓	✓		

21. Créer des mesures incitatives ciblées au déploiement des technologies prioritaires de réseau et de flexibilité

Mettre en œuvre des mécanismes d'incitation ou de financement ciblés et limités dans le temps pour faire face aux coûts initiaux plus élevés et accélérer l'adoption des technologies de réseau prioritaires, notamment les infrastructures essentielles, les réseaux intelligents, la flexibilité de la demande et les solutions côté clientèle. Les programmes devraient tirer parti des réseaux existants de services publics, de distributeurs et d'installateurs pour se développer efficacement.

Court terme



22. Intégrer la résilience et les risques climatiques dans la planification du réseau et les investissements dans le réseau

Exiger des services publics qu'ils identifient et investissent systématiquement dans les améliorations prioritaires du renforcement du réseau afin de gérer les risques d'incendies de forêt, de conditions météorologiques extrêmes et de cybersécurité.

Moyen terme



Annexe A :

Évaluation technologique

Liste préliminaire des technologies

La liste préliminaire des technologies a été établie à l'issue d'un processus de sélection itératif mené par des spécialistes, combinant analyse interne, recherches externes et contributions du secteur. Dunsky a dressé une première liste de technologies de réseau en s'appuyant sur son expertise interne et sur des études antérieures, liste complétée par une analyse des principales sources externes, notamment des rapports de la NEMA, du département de l'énergie des États-Unis et de l'Energy Transitions Commission. Cette liste a ensuite été élargie et affinée à la suite de discussions avec Électro-Fédération Canada (ÉFC) et ses membres, afin de garantir sa pertinence par rapport aux conditions du marché canadien et aux priorités du secteur.

Chaque technologie comprise dans cette liste préliminaire a été évaluée selon cinq critères (Tableau 6). Les technologies ont été notées de 1 (faible) à 3 (élevée) pour chaque critère. Sur la base de cette notation et des discussions de suivi avec l'ÉFC, la liste a été encore réduite afin de se concentrer sur les technologies présentant la plus grande pertinence stratégique et politique. Une liste finale de neuf technologies (Tableau 5) a été établie en combinant une notation quantitative et l'avis de spécialistes, afin de couvrir les solutions d'infrastructures de réseau, de réseau intelligent et de flexibilité de la demande les plus essentielles pour la prochaine décennie.

TABLEAU 5. LISTE PRÉLIMINAIRE DES TECHNOLOGIES

Catégorie	Technologie	Description	Version finale?
Croissance et maintien des infrastructures	Transformateurs de puissance et de distribution	Dispositifs essentiels utilisés pour transformer les niveaux de tension électrique	Oui
	Fil et câble	Conducteurs physiques utilisés pour acheminer le courant électrique d'un point à un autre	Non
	Appareillage de connexion et disjoncteurs	Ensemble de dispositifs permettant d'activer ou de couper l'alimentation électrique, de protéger les équipements contre les défaillances et d'isoler en toute sécurité certaines parties du réseau électrique à des fins d'entretien	Oui
	Structures de transport	Structures monopôles et en treillis galvanisées	Non
	Recyclage des équipements éoliens et photovoltaïques	Recyclage des panneaux solaires et des pales d'éoliennes pour en faire de nouveaux matériaux	Non
	Remplacement des conducteurs par des conducteurs de pointe	Remplacement des câbles de transport conventionnels à conducteur en aluminium et armature en acier par des conducteurs de pointe	Oui

Modernisation du réseau	Infrastructure de mesurage avancée (IMA)	Permet un meilleur contrôle de la consommation d'électricité de la clientèle et de l'utilisation des infrastructures du réseau situées derrière le compteur. Comprend la connexion et la déconnexion à distance, la détection des prises sous tension et la limitation de charge.	Non
	Évaluation dynamique de la capacité des lignes	Permet une plus grande précision en temps réel pour les conducteurs électriques	Oui
	Systèmes avancés de contrôle de réseau	Dispositifs intelligents (p. ex., SGRED, SAGD) pour gérer ou intégrer les RED et soutenir la stabilité du réseau	Oui
	Sous-stations numériques	Application des capteurs modernes, des réseaux de communication et des technologies numériques aux sous-stations	Oui
	Capteurs et systèmes de surveillance du réseau	Essentiel pour comprendre l'état et la santé des infrastructures et des systèmes (transformateurs, infrastructures, puces)	Oui
	Dispositifs destinés aux services auxiliaires	Dispositifs intelligents pour la gestion des RED, la régulation de tension, les courants de défaut et la stabilité du réseau	Non
Flexibilité de la demande	Chauffage et climatisation résidentiels	Commande des appareils situés derrière le compteur (CVC, chauffe-eau, sècheuse)	Oui
	Commercial et industriel	Déplacement ou réduction des charges non essentielles de chauffage, de climatisation ou de production pendant les périodes de pointe	Oui
	Panneaux intelligents et systèmes de gestion de l'énergie des bâtiments	Systèmes d'automatisation visant à optimiser la consommation d'énergie et à réduire ou éviter la nécessité de moderniser les panneaux électriques	Oui
	Du véhicule électrique au réseau (VAR/VAX)	Technologie de recharge bidirectionnelle, chargeurs en réseau et plateformes VAX	Oui
Stockage d'énergie	Batteries à l'échelle du réseau	Systèmes fixes de stockage par batterie à l'échelle du réseau destinés au stockage en vrac et au soutien du réseau (d'une durée généralement comprise entre quatre et huit heures)	Non
	Stockage derrière le compteur	Systèmes distribués de stockage par batterie ou thermique destinés à l'alimentation de secours, à l'écrêtement des pics de consommation et au report de charge	Non
	Stockage d'énergie à long terme	Technologies de stockage offrant une autonomie de plus de 10 heures	Non
	Stockage d'énergie thermique	Stockage de l'énergie thermique (chauffage et climatisation) à l'aide d'eau, de glace, de sable, de roches et d'autres matériaux	Non

TABLEAU 6. MATRICE DE NOTATION DES TECHNOLOGIES :

Critères	Élevé - 3 points	Moyen - 2 points	Faible - 1 point
Impact sur les membres	Partie élevée de l'écosystème des membres	Partie faible à modérée de l'écosystème	Pas dans l'écosystème
Préoccupations concernant les chaînes d'approvisionnement	Préoccupations importantes concernant les chaînes d'approvisionnement	Préoccupations modérées concernant les chaînes d'approvisionnement	Pas de préoccupations concernant les chaînes d'approvisionnement
Impact sur la transition énergétique	Impact important sur la transition énergétique	Impact modéré sur la transition énergétique	Impact limité sur la transition énergétique
Disponibilité des recherches et des données	Pas d'autres données ou des recherches disponibles	Certaines données et recherches disponibles	Données et recherches utiles disponibles
Nécessité d'une intervention politique	Absence ou insuffisance de soutien politique	Soutien modéré des politiques existantes	Soutien suffisant des politiques existantes

1

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE ET DE DISTRIBUTION ET ÉQUIPEMENT RÉACTIF

Aperçu

DESCRIPTION ET OBJECTIF

Les transformateurs de puissance et de distribution régulent les niveaux de tension afin de permettre un transport et une distribution efficaces et sécuritaires de l'électricité. Les principales catégories sont les suivantes :

- **Transformateur de distribution (< 5 MVA)** : tension de seuil pour les appareils d'alimentation locale (*le terme « MVA » ou mégavolts-ampères désigne la puissance maximale d'un transformateur*).
- **Transformateur de moyenne tension et de sous-station (de 10 à 100 MVA)** : raccorder les réseaux de transport et de distribution
- **Grand transformateur de puissance (> 100 MVA)** : utilisé dans les interconnexions de transport et les centrales électriques

RÔLE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Indispensable pour garantir la fiabilité du réseau et permettre l'électrification, le raccordement de nouvelles sources d'énergie renouvelable et la croissance de la charge (p. ex., des véhicules électriques et du secteur). Les besoins en matière de remplacement et d'expansion des transformateurs augmentent dans toutes les classes de tension.

APERÇU DU MARCHÉ

Forte présence sur le marché national pour les petits et les moyens transformateurs (p. ex., Hammond, Northern, Electric Power Inc.), avec une capacité limitée en matière de grands transformateurs de puissance (Hitachi Énergie, usine de Varennes, QC - [expansion](#) en cours). Cinq grandes entreprises représentent [60 %](#) du marché national (Siemens, Schneider Electric, ABB, Hammond, Hitachi).

Les services publics représentent [60 % de la demande](#) (Ontario, Québec, Colombie-Britannique et Alberta); les charges industrielles (centres de données, secteur minier) constituent le segment qui connaît la croissance la plus rapide (TCAC d'environ 8 % jusqu'en 2030).⁴⁹

PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Niveau de maturité technologique : Technologie mature et largement déployée.

Innovation émergente : *Transformateurs à semi-conducteurs* : appareils bidirectionnels compacts à haute fréquence, offrant des possibilités d'intégration des ressources énergétiques distribuées (RED) et des systèmes de stockage. Le projet en est actuellement au [stade pilote et de démonstration](#) à l'échelle mondiale; aucun déploiement n'a encore eu lieu au Canada.

Évaluation d'occasion

OCCASION ET BESOIN

Dimension	Note	Raison/remarques
Impact sur la transition énergétique	●●●	Élément central de l'expansion et du renouvellement du réseau; demande stimulée par l'électrification, les énergies renouvelables et la croissance des centres de données. Le vieillissement des infrastructures entraîne un besoin urgent à court terme (70 % des transformateurs doivent être remplacés).
Potentiel du marché	●●●	TCAC d'environ 6 % (2025-2030); marché américain de 1,9 G\$ US; l'Ontario représente le plus grand marché, avec un pôle industriel dans la région du Grand Toronto. Les appareils de forte puissance dominent la croissance des ventes (dans le cadre de l'expansion du réseau de transport); ils sont principalement destinés au secteur et aux services publics.
Harmonisation des politiques	●●●	Financement fédéral et provincial en faveur du secteur manufacturier (Hitachi au Québec, Northern en Ontario); il s'inscrit dans les objectifs de sécurité énergétique.

PRÉPARATION DU MARCHÉ ET PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Dimension	Note	Raison/remarques
Préparation technologique	●●●	Technologies conventionnelles pleinement commercialisées et généralisées; les transformateurs à semi-conducteurs constituent une innovation émergente qui en est encore au stade de la démonstration.
Services publics et préparation de la clientèle	●●●	Adoption universelle au Canada.
Soutien politique	●●	Soutien modéré par le biais du programme ÉRITE de RNCan et des financements de la politique industrielle en faveur de l'industrie manufacturière et de la recherche et développement.

OBSTACLES

Dimension	Note	Raison/remarques
Chaîne d'approvisionnement	■ ■ ■	Les prix des transformateurs ont augmenté de 70 à 100 % depuis 2020; délais d'approvisionnement de deux à quatre ans qui obligent les services publics et les promoteur-riche-s à passer commande plus longtemps à l'avance; dépendance vis-à-vis des importations (environ 80 % pour les grands transformateurs de puissance, environ 50 % pour la distribution). Pénuries de l'acier magnétique à grain orienté (GOES) et de la main-d'œuvre qualifiée. Déficit d'approvisionnement croissants; coûts croissants du matériel
Contexte réglementaire	■ ■	Longs retards liés à la réglementation; méconnaissance des réseaux à courant continu haute tension (CCHT); droits antidumping (Corée du Sud). Les retards liés à la réglementation allongent la durée des projets de trois ans.
Contexte économique et marché	■ ■ ■	Coûts d'investissement élevés (en particulier pour le CCHT); taille réduite du marché qui fait grimper les coûts unitaires, notamment pour les services publics de petite dimension.

NOTE GÉNÉRALE

OCCASION : ●●● ÉLEVÉE
PRÉPARATION : ●●● ÉLEVÉE
OBSTACLES : ■ ■ ■ ÉLEVÉS

⁴⁹ Ontario : 900 M\$ par année investis sur les mises à niveau et les reconstructions de stations (Hydro One); Québec : investissement de 10 G\$ pour de nouvelles lignes de transport haute tension, agrandissement de centrales hydroélectriques et du parc éolien de 4 GW (HQ); Alberta : approvisionnements d'énergie de 6 GW et

croissance des centres de données; Colombie-Britannique : approvisionnements d'énergie renouvelable de 5 GW, plans d'investissement de 36 G\$ (BC Hydro) avec le remplacement de 25 000 transformateurs.

NOTE GÉNÉRALE

OCCASION : ●●● ÉLEVÉE
PRÉPARATION : ●●● ÉLEVÉE
OBSTACLES : ■■■ ÉLEVÉS



APPAREILLAGE DE CONNEXION ET DISJONCTEURS

Aperçu

DESCRIPTION ET OBJECTIF

Équipement qui commande et protège le flux de courant dans un réseau à moyenne et haute tension (MT/HT), permettant aux services publics d'isoler les défaillances, de prévenir les dommages causés par les surintensités et de mettre l'équipement hors tension pour l'entretenir de façon sécuritaire. Cela comprend les commutateurs intelligents et de tête de poteau.

RÔLE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

À mesure que la production décentralisée et d'énergie renouvelable s'étend, des appareillages de connexion modernes sont essentiels pour maintenir la fiabilité et la sécurité. Ils permettent d'accélérer la localisation des défaillances, d'accroître la flexibilité du système et d'intégrer des sources d'énergie propre.

APERÇU DU MARCHÉ

Les disjoncteurs à réenclenchement et les commutateurs intelligents à haute tension représentent un vaste marché en croissance avec une demande importante et des fournisseurs limités, ce qui limite l'approvisionnement. Les appareillages de connexion de tête de poteau connaissent une forte croissance, alors que les services publics automatisent les appareils d'alimentation et la localisation des défaillances.

Forte présence manufacturière nationale dans l'équipement à basse et moyenne tension (p. ex., T&T Power Group, Grimard, Resa Power, Albesol, S&C Electric Canada). Aucune présence manufacturière nationale ou présence limitée pour les systèmes à haute tension, particulièrement les coupe-circuits à haute tension, même si les produits canadiens représentent [environ 20 % des importations américaines](#). Les principaux fournisseurs mondiaux comprennent ABB Electrification, Siemens, Mitsubishi et Schneider Electric.

Taille du marché : [Marché](#) de 4,2 G\$ aux États-Unis d'ici 2032 (TCAC de 5,2 %).

Tendances régionales : L'Alberta constitue le marché qui connaît la plus forte croissance, stimulant la demande industrielle. L'Ontario est le marché le plus important en matière de volume.

PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Niveau de maturité technologique : Mature, déploiement dans l'ensemble du Canada.

Les innovations émergentes se concentrent sur l'amélioration de l'efficacité, de la sécurité, de la surveillance numérique et de la réduction des répercussions environnementales. Les appareillages de connexion à moyenne tension traditionnels utilisent de l'hexafluorure de soufre (SF₆), un gaz à fort potentiel de réchauffement planétaire. Des appareillages de connexion exempts de SF₆, et donc à faibles émissions, sont mis à l'essai en [Colombie-Britannique](#) et en [Ontario](#). De plus, certains territoires, comme l'UE, [interdisent](#) entièrement leur utilisation. Parmi les autres technologies émergentes, on compte les disjoncteurs à semi-conducteurs et l'appareillage de connexion numérique.

Évaluation d'occasion

OCCASION ET BESOIN

Dimension	Note	Raison/remarques
Impact sur la transition énergétique	●●●	Épine dorsale de l'infrastructure du réseau, qui sera requise pour l'expansion du réseau et l'électrification de l'industrie. Les appareillages de connexion et les coupe-circuits sont des composants de sécurité essentiels, qui empêchent les surtensions et les défaillances et assurent un réseau plus durable, capable de gérer une production d'énergie intermittente plus élevée.
Potentiel du marché	●●●	TCAC d'environ 5 % (de 2024 à 2032) stimulé par l'électrification, de nouvelles charges importantes (IA) et une augmentation de la pénétration d'énergies renouvelables intermittente; marché de 4,2 G\$; marché émergent de fabrication d'équipement à haute tension (exportations américaines).
Harmonisation des politiques	●●●	Soutien des objectifs nationaux en matière de compétitivité, de résilience et de croissance propre. Besoin à court terme lié aux actifs vieillissants et à l'électrification.

PRÉPARATION DU MARCHÉ ET PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Dimension	Note	Raison/remarques
Préparation technologique	●●●	Technologies traditionnelles adoptées de façon universelle.
Services publics et préparation de la clientèle	●●●	Adoption universelle des services publics au Canada.
Soutien politique	●●	Soutien gouvernemental direct limité pour l'appareillage de connexion et les coupe-circuits par rapport aux autres technologies.

OBSTACLES

Dimension	Note	Raison/remarques
Chaîne d'approvisionnement	■ ■ ■	Délais d'approvisionnement de trois ans pour les coupe-circuits à haute tension; augmentation entre 20 % et 25 % des coûts depuis 2022 en raison des coûts des matières premières; fabrication locale limitée; coûts d'importation plus élevés en raison des droits de douane.
Contexte réglementaire	■ ■	Normes provinciales non cohérentes; la réglementation sur le gaz SF ₆ cause des obstacles pouvant ralentir l'adoption.
Contexte économique et marché	■ ■ ■	Coûts d'investissement élevés, causés par les perturbations des chaînes d'approvisionnement et les innovations émergentes, comme les appareils sans SF ₆ ; la dépendance envers les fournisseurs étrangers génère une vulnérabilité commerciale et tarifaire. Les appareillages de connexion sans SF ₆ ont une faible résistance aux basses températures.

NOTE GÉNÉRALE

OCCASION : ●●● ÉLEVÉE

PRÉPARATION : ●●● ÉLEVÉE

OBSTACLES : ■ ■ ■ ÉLEVÉE

3

REMPACEMENT DES CONDUCTEURS PAR DES CONDUCTEURS DE POINTE

APERÇU

DESCRIPTION ET OBJECTIF

Ce processus remplace les câbles de transport de l'électricité et de distribution existants par de nouveaux conducteurs de pointe ou à plus grande capacité, comme les conducteurs à âme composite en aluminium (ACCC). Ils augmentent la quantité d'électricité pouvant passer dans les lignes existantes sans nécessitant la construction de nouvelles lignes, réduisant ainsi les coûts et les délais et les défis d'autorisation.

RÔLE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

La demande croissante en matière d'électrification augmente les flux d'énergie dans les réseaux vieillissants. Le [remplacement des conducteurs](#) offre une façon rapide et abordable d'atténuer la congestion, raccorder une nouvelle production d'énergie propre et reporter le besoin de nouvelles constructions importantes de réseaux de transport de l'électricité, particulièrement dans les régions sujettes à des contraintes de site ou à des considérations en matière d'utilisation des terres ou des droits des Autochtones.

APERÇU DU MARCHÉ

Production nationale : Le Canada produit des conducteurs aériens nus traditionnels (Nexans en Saskatchewan; Prysmian au Québec). Le marché canadien inclut aussi d'importants distributeurs de conducteurs importés (Southwire, Noramco, Midal, etc.). Fabrication intérieure limitée de conducteurs de pointe; la plupart des produits sont importés.

Taille du marché : Données publiées limitées; une [source](#) mondiale prévoit plus de 25 M\$ US d'ici 2034 avec un TCAC d'environ 4,7 % (de 2025 à 2034).

Tendances régionales : L'Ontario est un marché solide, même s'il fait face à une congestion croissante et à une utilisation élevée du système; l'Alberta connaît une croissance rapide des charges; importantes expansions des couloirs de transport de l'électricité en Colombie-Britannique et dans la région de l'Atlantique.

PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Niveau de maturité technologique : Mature (remplacement de conducteurs traditionnels).

Innovations émergentes : Déploiement de conducteurs de pointe (p. ex., âme composite à haute température et à faible affaissement, comme les conducteurs à âme composite en aluminium ou à fil trapézoïdal). Les services publics de l'[Alberta](#) explorent l'installation de conducteurs à âme composite en aluminium (ACCC) dans certains projets. En [Ontario](#), Hydro One a proposé un projet de remplacement des conducteurs d'une ligne de 56 km par des conducteurs ACCC. BC Hydro envisage l'utilisation de conducteurs de pointe pour les nouvelles lignes de transport de l'électricité.

Évaluation d'occasion

OCCASION ET BESOIN

Dimension	Note	Raison/remarques
Impact sur la transition énergétique	●●●	Les charges croissantes et l'intégration des RED augmenteront la pression sur l'infrastructure existante. Le remplacement des conducteurs pourrait environ doubler la capacité des corridors existants , à moins de 50 % des frais de constructions de nouvelles lignes de transport de l'électricité.
Potentiel du marché	●●	Potentiel de croissance modéré, limité par le manque de raccords au réseau d'est en ouest. Marché plus petit que l'équipement traditionnel (p. ex., transformateurs ou appareillage de connexion).
Harmonisation des politiques	●●	Soutient les objectifs fédéraux en matière de transport régional de l'électricité. Réduit les répercussions sur les autorisations et les territoires, et soutient les approches de codéveloppement avec les peuples autochtones.

PRÉPARATION DU MARCHÉ ET PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Dimension	Note	Raison/remarques
Préparation technologique	●●●	Les conducteurs de pointe sont une technologie mature, éprouvée à l'échelle internationale; ils ne sont pas déployés largement au Canada. Ils sont grandement utilisés en Europe, particulièrement en Belgique et en France.
Services publics et préparation de la clientèle	●	Faible état de préparation pour le remplacement par des conducteurs de pointe; projets pilotes émergents, mais adoption générale limitée par les coûts et les processus réglementaires.
Soutien politique	●	Aucune politique gouvernementale ou aucun investissement en particulier pour le remplacement des conducteurs par des conducteurs de pointe.

OBSTACLES

Dimension	Note	Raison/remarques
Chaîne d'approvisionnement	■●	Fabrication intérieure limitée de conducteurs de pointe. Forte dépendance envers les importations; marché très concentré. Les conducteurs en aluminium ne font pas face aux mêmes problèmes de chaîne d'approvisionnement que ceux en cuivre.
Contexte réglementaire	■●	Approbation réglementaire requise pour justifier l'utilisation de produits de remplacement plus chers. Les services publics doivent démontrer la valeur du remplacement par des conducteurs de pointe par rapport au remplacement par des conducteurs standard.
Contexte économique et marché	■●	Coûts initiaux plus élevés par rapport aux conducteurs standard; potentiellement rentables dans les zones saturées. Les services publics connaissent déjà très bien le remplacement des conducteurs.

NOTE GÉNÉRALE

OCCASION : ●●● ÉLEVÉE

PRÉPARATION : ● FAIBLE

OBSTACLES : ■● MOYENNE

4 ÉVALUATION DYNAMIQUE DE LA CAPACITÉ DES LIGNES

Aperçu

DESCRIPTION ET OBJECTIF

L'évaluation dynamique de la capacité des lignes utilise les données des capteurs en temps réel, comme la température, la vitesse des ventes et les conditions météorologiques, afin de calculer la capacité réelle d'alimentation des lignes de transport de l'électricité.

Cela offre une vue d'ensemble plus exacte de la capacité disponible que les valeurs nominales statiques traditionnelles. Les services publics peuvent ainsi libérer la capacité cachée, cibler les mises à niveau de façon plus précise et raccorder davantage de production d'énergie sans construire de nouvelles lignes.

RÔLE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

L'évaluation dynamique de la capacité des lignes augmente la capacité utilisable des réseaux de transport de l'électricité existants. Cela accélère l'intégration de production d'énergie renouvelable, réduit la saturation et aide à reporter ou à rajuster les importantes mises à niveau essentielles. Ces avantages sont critiques dans une ère d'électrification croissante et d'expansion restreinte du transport de l'électricité.

APERÇU DU MARCHÉ

Capacité nationale : Siemens possède une présence de fabrication au Canada.

Les fournisseurs clés sont américains (Southwire, Lindsey Systems, LineVision et GE) et européens (Heimdall Power, SentiSense [Megger], Siemens).

Les services publics de transport de l'électricité et de distribution, qui sont responsables de la planification et du renforcement de l'infrastructure du réseau, constituent la clientèle principale.

Les deux principaux marchés régionaux sont l'**Alberta**, qui a planifié un déploiement initial de l'évaluation dynamique de la capacité des lignes, et la **Colombie-Britannique** (particulièrement pour les lignes qui se combinent à celles du réseau d'alimentation des États-Unis). L'Ontario et le Québec ont mis en œuvre des projets pilotes pour les services publics, mais aucun plan supplémentaire n'a été prévu depuis.

PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Niveau de maturité technologique : Adoption précoce au Canada (mature à l'échelle internationale).

La technologie d'évaluation dynamique de la capacité des lignes est facilement accessible auprès des fournisseurs américains et européens, mais n'a pas été adoptée à l'échelle au Canada. Plusieurs services publics ont mis en œuvre des projets pilotes pour cette technologie sur un sous-ensemble de leurs lignes de transport à haute tension.

Évaluation d'occasion

OCCASION ET BESOIN

Dimension	Note	Raison/remarques
Impact sur la transition énergétique	●●	L'évaluation dynamique de la capacité des lignes accroît la capacité réelle du réseau et soutient l'intégration d'énergie renouvelable. La mise en œuvre en Belgique et les projets pilotes aux États-Unis montrent d'importants gains de capacité du réseau, reportant ainsi les mises à niveau coûteuses.
Potentiel du marché	●●●	La plupart des services publics canadiens n'ont pas déployé l'évaluation dynamique de la capacité des lignes à l'échelle; le potentiel au pays demeure grandement inexploité. TCAC entre 20 % et 30 %; marché potentiel entre 50 M\$ et 150 M\$ d'ici 2035.
Harmonisation des politiques	●●●	Soutien par les priorités fédérales du réseau intelligent; harmonisation avec les objectifs de la Stratégie pour l'électricité propre. L'évaluation dynamique de la capacité des lignes est une stratégie pour traiter la saturation du réseau et soutenir de nouvelles productions d'énergie renouvelable.

PRÉPARATION DU MARCHÉ ET PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Dimension	Note	Raison/remarques
Préparation technologique	●●	Technologie éprouvée à l'échelle mondiale (p. ex., Belgique, Allemagne). Gains de capacité avérés : plus de 200 % par rapport aux valeurs nominales statiques en Belgique; jusqu'à 43 % sur les lignes de 345 kV (AES Ohio).
Services publics et préparation de la clientèle	●	Projets pilotes canadiens à Hydro-Québec , BC Hydro, Hydro One et l'AESO. L' Alberta a désigné deux lignes pour le déploiement de l'évaluation dynamique de la capacité des lignes en 2025.
Soutien politique	●●	Déploiement de l'AESO; ordonnance 881 de la FERC des É.-U. (qui touchent aux lignes transfrontalières); mise en œuvre en cours de la technologie AAR à BC Hydro et à Manitoba Hydro aux fins de conformité.

OBSTACLES

Dimension	Note	Raison/remarques
Chaîne d'approvisionnement	■	Les systèmes basés sur le matériel dépendent des semi-conducteurs et des cartes de circuit imprimé, les deux faisant face à des pénuries mondiales.
Contexte réglementaire	■	Les organismes de réglementation prennent généralement en charge l'évaluation dynamique de la capacité des lignes; plusieurs d'entre eux imposent déjà la technologie de calibre adapté à la température ambiante (AAR). Les services publics peuvent uniquement mettre en œuvre la technologie AAR, car il s'agit d'une solution intermédiaire; cela limite potentiellement l'adoption des systèmes d'évaluation dynamique de la capacité des lignes à part entière. Les systèmes qui utilisent beaucoup de logiciels rencontrent des obstacles d'intégration et de cybersécurité (p. ex., la norme de conformité CIP-002 du NERC).
Contexte économique et marché	■	L'évaluation dynamique de la capacité des lignes permet d'augmenter la capacité de transport de l'électricité à une fraction du coût de construction de nouvelles infrastructures ou de remplacement des conducteurs d'anciennes lignes. Toutefois, les coûts initiaux (p. ex., installation et capteurs) peuvent limiter l'adoption par les services publics (p. ex., les coûts de déploiement de la technologie AAR de BC Hydro sont de 3 M\$ pour les lignes transfrontalières de 500 kV). Par conséquent, l'évaluation dynamique de la capacité des lignes est souvent réservée aux lignes soigneusement sélectionnées.

NOTE GÉNÉRALE

OCCASION : ●●● ÉLEVÉE

PRÉPARATION : ● FAIBLE

OBSTACLES : ■ FAIBLE

5 SOUS-STATIONS NUMÉRIQUES

Aperçu

DESCRIPTION ET OBJECTIF

Les sous-stations numériques remplacent l'équipement des sous-stations analogues traditionnelles par des capteurs, des réseaux de télécommunications par fibres optiques et d'interfaces numériques. Cela comprend des composants comme les relais protecteurs qui convertissent les signaux analogues en données numériques et les transmettent vers des systèmes de contrôle en temps réel.

Les sous-stations numériques offrent de nombreux avantages par rapport aux sous-stations traditionnelles : réduction de l'entretien et du besoin en câblage en cuivre; amélioration de la sécurité du personnel d'opération grâce à la surveillance à distance; diminution de l'empreinte physique; et amélioration de la qualité des données, de l'interopérabilité et de la cybersécurité.

RÔLE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Les sous-stations numériques prennent en charge l'expansion de systèmes d'électricité propre en réduisant les coûts d'exploitation et de matériel, en améliorant la connaissance de la situation et en intégrant les ressources énergétiques distribuées (RED). Elles jettent aussi les bases numériques d'une automatisation et d'une résilience de pointe du réseau.

APERÇU DU MARCHÉ

Il existe une capacité nationale au sein des grands FÉO et des importantes sociétés d'ingénierie (Siemens, GE, Hitachi, Schneider Electric, BBA; CIMA+, Stantec); cependant, les systèmes dépendent fortement de l'équipement importé. Les services publics sont la principale clientèle. À ce jour, ces sous-stations ont été déployées principalement en Saskatchewan, au Québec et en Ontario.

PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Niveau de maturité technologique : Démonstration d'adoption précoce.

Le déploiement au Canada est limité par rapport à celui en Asie-Pacifique, région qui représente environ 37 % des parts du marché mondial.

Évaluation d'occasion

OCCASION ET BESOIN

Dimension	Note	Raison/remarques
Impact sur la transition énergétique	●●●	Possibilité d'améliorer la fiabilité et la résilience du réseau par la surveillance à distance et de prendre en charge l'intégration des RED.
Potentiel du marché	●●●	Croissance modérée (TCAC mondial de 7 % à 8 %), avec un marché potentiel de 0,3 G\$ à 0,8 G\$ au Canada. Meilleure harmonisation avec les nouvelles constructions de sous-stations et les importants efforts de modernisation en matière de mise à niveau des sous-stations existantes. Les relais numériques réduisent aussi le travail sur le terrain et exigent une implication moindre des électricien·ne·s.
Harmonisation des politiques	●●	Correspond aux objectifs en matière d'électricité propre, de compétitivité et de numérisation à long terme.

PRÉPARATION DU MARCHÉ ET PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Dimension	Note	Raison/remarques
Préparation technologique	●●●	La technologie est bien établie à l'échelle mondiale, particulièrement en Asie-Pacifique, mais est encore émergente au Canada.
Services publics et préparation de la clientèle	●●	Déploiement canadien limité; la Saskatchewan est la plus avancée dans ce déploiement (environ 25 % des sous-stations sont numérisées). BC Hydro prévoit une expansion majeure de sous-stations numériques (150 sur 10 ans).
Soutien politique	●	Des programmes de financement existent (programme ÉRITE de RNCAN, Fonds d'innovation pour le réseau de la SIERE), mais il n'y a aucune initiative fédérale ou provinciale pour les sous-stations numériques. Les services publics mènent l'adoption par les projets pilotes (p. ex., SaskPower et Hydro-Québec).

OBSTACLES

Dimension	Note	Raison/remarques
Chaîne d'approvisionnement	■	Fabrication intérieure limitée; dépendance sur le matériel importé; pénuries d' ouvrier·ère·s qualifié·e·s dans la protection numérique et le contrôle. Actuellement, les relais protecteurs proviennent presque uniquement des États-Unis.
Contexte réglementaire	■	Les règles sur la capitalisation en Ontario demeurent floues; la conformité avec les normes nord-américaines en matière de fiabilité du réseau peut augmenter les coûts; aucune obligation canadienne pour les sous-stations numériques conformes à la norme CEI 61850.
Contexte économique et marché	■	Coût initial élevé pour l'équipement, les réseaux de télécommunications par fibres optiques et les systèmes logiciels. L'analyse de rentabilité est meilleure pour les nouvelles constructions, bien qu'il existe un important marché potentiel de mise à niveau pour la numérisation des stations existantes. Enjeux de compatibilité lors de l'intégration de solutions numériques dans les infrastructures analogues existantes.

NOTE GÉNÉRALE

OCCASION : ●●● ÉLEVÉE

PRÉPARATION : ●● MOYENNE

OBSTACLES : ■ MOYENNE

6 CAPTEURS DE RÉSEAU ET SYSTÈMES DE SURVEILLANCE

Aperçu

DESCRIPTION ET OBJECTIF

Les capteurs de réseau et les systèmes de surveillance comprennent un vaste éventail de technologies mesurant les conditions ambiantes (température, humidité, accumulation de glace, niveaux d'intensité de courant et de tension, gaz dissous, état de l'huile et plus) afin de fournir aux services publics des renseignements en temps réel sur l'état du réseau et de l'équipement.

Ces systèmes assurent une visibilité continue de la santé du réseau et de l'équipement, permettant aux opérateurs-ices d'optimiser les flux d'énergie, de détecter les défaillances plus rapidement, de réduire la durée des pannes et d'accroître la fiabilité et la résilience. Ils forment la base du réseau intelligent moderne.

RÔLE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Les capteurs permettent aux services publics d'utiliser l'infrastructure existante plus efficacement et réduisent la nécessité de renforcements coûteux, aidant ainsi à intégrer de nouvelles productions d'énergie renouvelable et à prendre en charge la demande croissante en électricité avec moins de goulets d'étranglement. Ils sont essentiels à un réseau flexible et guidé par les données, capable de gérer les ressources énergétiques distribuées (RED).

APERÇU DU MARCHÉ

Les acteurs nationaux clés comprennent Powerside, S&C Electric Canada, ABB Electrification et Siemens Canada (Ruggedcom). Les services publics et les installations commerciales et industrielles font partie de la clientèle primaire.

Principaux marchés régionaux : des initiatives majeures sont en cours en Saskatchewan, en Ontario et au Québec; intérêt croissant en Colombie-Britannique et en Alberta dans le cadre des programmes de modernisation du réseau.

PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Niveau de maturité technologique : De mature à adoption précoce.

Innovations émergentes : Capteurs microélectromécaniques, microPMU, analyse des données améliorée par l'IA.

Déploiement : Largement disponible à l'échelle mondiale (UE, É.-U., Chine). Adoption au Canada principalement par la mise en place de compteurs intelligents, la commutation intelligente et le déploiement ciblé de capteurs de pointe.

Évaluation d'occasion

OCCASION ET BESOIN

Dimension	Note	Raison/remarques
Impact sur la transition énergétique	●●●	Assure un réseau intelligent et flexible en améliorant la fiabilité, la visibilité et l'utilisation de la capacité. Les capteurs constituent le fondement de la chaîne de valeur du réseau.
Potentiel du marché	●●●	Les services publics prévoient des déploiements généralisés; les technologies s'appliquent de la production d'énergie aux sites de la clientèle. Demande croissante pour des mises à niveau d'infrastructure de mesurage avancée (IMA), une surveillance de pointe et une visibilité des RED.
Harmonisation des politiques	●●●	Forte adéquation avec les priorités fédérales en matière de modernisation du réseau et de réseaux intelligents ; prise en charge par des programmes nationaux. Le gouvernement fédéral considère les réseaux intelligents comme un outil essentiel à la transition énergétique.

PRÉPARATION DU MARCHÉ ET PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Dimension	Note	Raison/remarques
Préparation technologique	●●●	Mature, technologie commercialisée à l'échelle mondiale avec un déploiement déjà en cours au sein de plusieurs services publics au Canada.
Services publics et préparation de la clientèle	●●	Projets de plus de 100 M\$ planifiés ou en cours dans les services publics (SaskPower, Hydro One, Hydro-Québec). Adoption croissante, mais non uniforme dans les provinces.
Soutien politique	●	Le programme de réseaux intelligents de RNCAN (100 M\$) et le très populaire Programme d'innovation énergétique témoignent du solide soutien de la part du gouvernement fédéral. Toutefois, ces programmes sont désormais fermés, et il n'est pas évident que de nouveaux flux de soutien seront ouverts.

OBSTACLES

Dimension	Note	Raison/remarques
Chaîne d'approvisionnement	■ ■ ■	Forte dépendance envers les chaînes d'approvisionnement mondiales de semi-conducteurs; Taiwan et la Malaisie dominent la fabrication et l'assemblage de puces ainsi que la production de plaquettes pour celles-ci. Capacité de fabrication limitée au Canada.
Contexte réglementaire	■ ■	Fort soutien des politiques aux niveaux fédéral et provincial; les réglementations facilitent généralement l'adoption.
Contexte économique et marché	■ ■	Défis de déploiement dans les régions éloignées; l'évolution rapide de la technologie crée un risque d'obsolescence prématurée. Les systèmes propulsés par l'IA n'ont pas encore atteint leur maturité.

NOTE GÉNÉRALE

OCCASION : ●●● ÉLEVÉE

PRÉPARATION : ●● MOYENNE

OBSTACLES : ■ ■ MOYENNE

7 SYSTÈMES DE CONTRÔLE DE POINTE

Aperçu

DESCRIPTION ET OBJECTIF

Les systèmes de contrôle de pointe sont des plateformes logicielles utilisées pour gérer et optimiser les RED, l'exploitation du réseau et les flux d'énergie. Grâce à eux, les services publics obtiennent une visibilité des conditions du réseau de distribution, soutenant ainsi la fiabilité et une efficacité plus élevée.

Parmi les systèmes, on retrouve les **SAGD** (systèmes avancés de gestion de la distribution), qui optimisent les flux d'énergie, les tensions et les interventions aux pannes, et les **SGRED** (systèmes de gestion de ressources énergétiques distribuées), qui donnent une vue d'ensemble précise et une commande directe des RED et permettent de coordonner l'intégration des charges flexibles, de l'énergie solaire, du stockage et des véhicules électriques. Ensemble, ils offrent aux services publics des capacités élargies pour gérer un réseau de distribution plus dynamique et rempli de RED.

RÔLE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Les systèmes de contrôle de pointe sont un élément essentiel de la transition énergétique. Ils permettent de **mieux intégrer les énergies renouvelables et les RED**, sans compromettre la fiabilité, et de soutenir l'électrification. Ils offrent aux services publics les renseignements opérationnels et le contrôle dont ils ont besoin pour gérer un système flexible et plus décentralisé.

APERÇU DU MARCHÉ

Fournisseurs nationaux : Schneider Electric, GE Vernova/Opus One, Siemens, Honeywell et Survalent; les fournisseurs émergents de SGRED comprennent AutoGrid et la société canadienne Enbala (Generac).

Clientèle clé : Services publics de distribution d'électricité, comme les grands services publics provinciaux (p. ex., Hydro One, BC Hydro ou Hydro-Québec) et les sociétés de distribution municipales ou locales. D'importants établissements et agrégateurs industriels et commerciaux utilisent également les SGRED (p. ex., Shell Canada, les universités).

Marchés régionaux : Les principaux marchés incluent la Colombie-Britannique (BC Hydro, FortisBC), l'Ontario (Hydro One) et le Québec (la filiale Hilo d'Hydro-Québec).

PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Niveau de maturité technologique : Adoption précoce au Canada.

Les SAGD et les SGRED sont commercialisés et déjà déployés ou mis à l'essai dans des projets pilotes au Canada par différents fournisseurs (Schneider Electric, Siemens, GE/Opus One).

Innovations émergentes : Intégration **hybride** des SAGD et SGRED et optimisation du réseau et aide à la décision **appuyées par l'IA**.

Évaluation d'occasion

OCCASION ET BESOIN

Dimension	Note	Raison/remarques
Impact sur la transition énergétique	●●●	Systèmes essentiels pour gérer les RED en croissance rapide, prendre en charge l'électrification des immeubles et des transports et maintenir la fiabilité lors de la croissance de la charge. Les systèmes de contrôle de pointe pouvant gérer la visibilité et les limites de capacité de charge commencent à être mis en œuvre dans les provinces.
Potentiel du marché	●●●	Forte demande en expansion, alors que les services publics modernisent les systèmes de distribution et mettent les RED et les programmes de réponse à la demande à l'échelle.
Harmonisation des politiques	●●●	Harmonisation solide avec les objectifs fédéraux et provinciaux d'électrification et d'électricité et avec les programmes nationaux de financement de réseau intelligent. Besoins à court terme en raison des problèmes émergents liés à la qualité énergétique et de la croissance de la charge des véhicules électriques.

PRÉPARATION DU MARCHÉ ET PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Dimension	Note	Raison/remarques
Préparation technologique	●●●	Technologies commercialisées. Les SAGD sont plus matures au Canada que les SGRED, même si leur déploiement n'est pas cohérent.
Services publics et préparation de la clientèle	●●	Plusieurs provinces font progresser des projets de SAGD (Ontario - Hydro One , Hydro Ottawa; BC Hydro; Hydro-Québec); l'adoption des SGRED est plus limitée, mais continue de croître à mesure que la pénétration des RED augmente. Des projets pilotes sont en cours au sein de plusieurs services publics (p. ex., Virtual Peaker avec FortisBC , Hydro-Québec/Hilo, intégration commerciale des SGRED dans le stockage par BC Hydro , Alectra, Hydro Ottawa).
Soutien politique	●●	Soutien par les programmes de réseaux intelligents de RNCan et des volets fédéraux d'investissement d'électrification et d'innovation.

OBSTACLES

Dimension	Note	Raison/remarques
Chaîne d'approvisionnement	■●	La plupart des composants de SAGD/SGRED sont des logiciels, mais les déploiements exigent une ingénierie spécialisée, l'intégration de systèmes de TI et de TO et des ressources de gestion du changement.
Contexte réglementaire	■●●	Les cadres réglementaires provinciaux ralentissent souvent la croissance des RED, ce qui entraîne de lentes approbations, un manque de cadres de rémunération et de mécanismes de recouvrement des coûts, et peu de raison pour les services publics d'investir dans les systèmes de contrôle numériques. Les normes d'interopérabilité représentent également un obstacle , en raison de l'adoption incohérente des normes clés (p. ex., IEEE 1547, IEEE 2030.5, CEI 61850) par les provinces et les services publics.
Contexte économique et marché	■●	Les plateformes de SAGD constituent d'importantes dépenses en capital; les coûts des SGRED varient, mais exigent des budgets permanents pour les services de données, d'intégration et de logiciels. Le modèle traditionnel de frais d'exploitation des services publics ne récompense pas les innovations logicielles.

NOTE GÉNÉRALE

OCCASION : ●●● ÉLEVÉE

PRÉPARATION : ●● MOYENNE

OBSTACLES : ■● MOYENNE

8

SYSTÈMES DE CONTRÔLE DE PUISSANCE

Aperçu

DESCRIPTION ET OBJECTIF

Les systèmes de contrôle de puissance, y compris les systèmes de gestion de l'énergie (SGE) et les panneaux électriques intelligents, offrent un **contrôle automatisé de surveillance à l'échelle du circuit** des charges finales, du stockage et de la production d'énergie sur site.

Ces systèmes permettent d'obtenir des renseignements détaillés sur la consommation d'énergie à l'échelle du circuit et la commande des charges individuelles, soutenant la gestion précise des charges, la recharge optimisée des véhicules électriques, l'intégration plus transparente de l'énergie solaire et de son stockage, et de l'exploitation dans les limites de service sans mises à niveau coûteuses. Les SGE comprennent une gamme d'approches matérielles et logicielles pour gérer la consommation de l'énergie et peuvent intégrer des dispositifs à l'échelle du circuit, comme des panneaux intelligents, des plateformes de supervision ou des systèmes de gestion des RED ou d'optimisation de charges.

RÔLE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Les systèmes de contrôle de puissance **permettent l'électrification sans des mises à niveau de services coûteuses**, réduisent les **pics de demande**, libèrent la **flexibilité en aval du compteur** (véhicules électriques, thermopompes, stockage) et soutiennent la **fiabilité et la résilience**.

APERÇU DU MARCHÉ

Acteurs nationaux clés : Divisions canadiennes de fournisseurs mondiaux (ABB Electrification, Schneider Electric, Siemens, Honeywell); capacité limitée de fabrication au pays, forte dépendance envers les importations. Les firmes canadiennes fournissent les logiciels et assurent l'intégration.

Les **marchés mondiaux** pour les panneaux intelligents et les SGE affichent une forte croissance; ils sont menés par l'UE et les États-Unis (prévision du TCAC de 15 % à 20 % pour ces systèmes). Le **marché canadien** devrait grossir en raison de l'expansion des programmes des services publics, de l'adoption des véhicules électriques et de l'électrification des immeubles.

L'Ontario, le Québec et la Colombie-Britannique sont les principaux marchés du Canada; l'Alberta et les provinces de la région de l'Atlantique dépendent de l'intérêt des programmes des services publics.

PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Niveau de maturité technologique : De mature à adoption précoce.

Innovations émergentes : Écosystèmes intégrés des panneaux et des SGE; suites intégrées de pointe (p. ex., recharge bidirectionnelle, ilotage automatisé, coordination de l'ensemble du domicile).

Déploiement : À un stade précoce au Canada; pénétration plus élevée dans les secteurs commerciaux et institutionnels (SGE), pénétration limitée dans le secteur résidentiel.

Évaluation d'occasion

OCCASION ET BESOIN

Dimension	Note	Raison/remarques
Impact sur la transition énergétique	●●●	Permet l'électrification et la densification sans surdimensionner les services électriques publics, offre des possibilités pour la réponse à la demande des services publics. De plus, certains systèmes peuvent réduire les coûts de déploiement de certains RED, comme l'énergie solaire et le stockage.
Potentiel du marché	●●●	Forte croissance mondiale (TCAC entre 15 % et 20 %) propulsée par l'UE et les États-Unis; la demande canadienne est émergente, mais peu de données sont accessibles.
Harmonisation des politiques	●●●	Soutien de la Stratégie pour l'électricité propre du gouvernement fédéral et les objectifs du réseau intelligent; il y a certaines occasions nationales (logiciel, intégration), mais le potentiel de fabrication est limité. Les SGE peuvent permettre d'éviter les mises à niveau du service, alors que la plupart des secteurs s'électrifient, et de faire économiser aux utilisateurs finaux des milliers de dollars.

PRÉPARATION DU MARCHÉ ET PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Dimension	Note	Raison/remarques
Préparation technologique	●●	Technologie éprouvée dans les marchés mondiaux; systèmes intégrés émergents.
Services publics et préparation de la clientèle	●●	L'intérêt des services publics augmente, mais est généralement limité aux projets pilotes. L'adoption par la clientèle est largement limitée aux adopteurs précoces; elle est plus établie dans les secteurs commerciaux et industriels.
Soutien politique	●	Adoption inégale dans les provinces; le Code canadien de l'électricité (CCE) ne reconnaît pas les SGE; certains financements fédéraux pour les réseaux intelligents, mais incitatifs limités.

OBSTACLES

Dimension	Note	Raison/remarques
Chaîne d'approvisionnement	■	Il y a une pénurie d'électriciens, mais les SGE sont régulièrement utilisés pour réduire le champ des travaux électriques et contribuer à lever les contraintes de main-d'œuvre.
Contexte réglementaire	■■■	Les systèmes doivent être intégrés au CCE; le manque de clarté concernant les normes à citer en référence au Canada pour la certification de l'équipement (p. ex., UL 3141; CSA C22.2 n° 358; CSA C22.2 n° 12; UL 916; etc.) augmente les coûts d'installation et la bureaucratie.
Contexte économique et marché	■■■	Coûts initiaux élevés, financement limité et faible sensibilisation auprès de la clientèle. Les systèmes complexes peuvent exiger des ingénieurs et des conseillers. Le prix des solutions de SGE varie (entre 2 000 \$ et 7 000 \$), mais plusieurs sont peu coûteuses par rapport à la mise à niveau du service complet. Un panneau intelligent peut gérer de multiples charges commandées, réduire le coût général des installations d'énergie solaire et de stockage, et créer des avantages pour la clientèle et une réponse à la demande des services publics.

NOTE GÉNÉRALE

OCCASION : ●●● ÉLEVÉE

PRÉPARATION : ●● MOYENNE

OBSTACLES : ■■■ MOYENNE

9 DISPOSITIFS DE FLEXIBILITÉ DE LA DEMANDE EN RÉSEAU

Aperçu

DESCRIPTION ET OBJECTIF

Les dispositifs en périphérie du réseau côté clientèle sont des **appareils et des systèmes de contrôle intelligents et connectés à Internet**, comme les commandes d'éclairage, les thermostats intelligents, les chargeurs intelligents/bidirectionnels de véhicules électriques, les thermopompes et d'autres charges réactives, qui peuvent régler la consommation électrique en fonction de signaux tarifaires ou du réseau.

Ils permettent aux services publics et aux opérateurs de **réduire ou de déplacer la demande** durant les pics de demande, d'intégrer des énergies renouvelables variables et d'améliorer l'efficacité du système. Pour les clients, ces dispositifs peuvent réduire leurs factures, automatiser la gestion de l'énergie et générer de la valeur par l'intermédiaire de la participation aux programmes des services publics.

RÔLE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Ces dispositifs sont essentiels pour **favoriser la flexibilité de la demande**, ce qui aidera les services publics à gérer les charges lors des pics, à équilibrer la production d'énergie renouvelable et reporter les mises à niveau d'infrastructure coûteuses. Ils prennent en charge un système électrique plus propre et plus abordable en faisant correspondre la consommation avec la disponibilité d'énergie propre.

APERÇU DU MARCHÉ

Acteurs nationaux clés :

- **Chargeurs de véhicules électriques** : FLO, AddÉnergie (Québec), United Chargers/Grizzl-E (Ontario)
- **Thermostats intelligents** : ecobee (Ontario - conception/R et D); de grandes marques internationales (Nest, Honeywell, Emerson) sont présentes dans les marchés canadiens.
- **Commandes d'éclairage** : Medgar, Eaton Industries, Legrand Canada, Leviton Canada.

Marché principal : Clients résidentiels, qui achètent généralement les appareils directement et se joignent volontairement aux programmes des services publics. En général, les services publics offrent des incitatifs et mettent en œuvre des projets pilotes par l'intermédiaire des programmes Prenez vos appareils personnels (PAP).

PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Niveau de maturité technologique : Technologie mature, largement déployée au Canada. Forte pénétration du marché des thermostats intelligents, chargeurs de véhicules électriques et appareils électroménagers connectés.

Innovation émergente : Technologie VAX (véhicule à X), permettant le flux d'énergie bidirectionnel entre les véhicules électriques, les immeubles et le réseau. Actuellement à un stade pilote au Canada.

Évaluation d'occasion

OCCASION ET BESOIN

Dimension	Note	Raison/remarques
Impact sur la transition énergétique	●●●	Les appareils en aval du compteur fournissent une grande flexibilité de la demande, particulièrement en matière de chauffage résidentiel et de recharge de véhicules électriques à mesure que l'adoption augmente. Ils permettent une meilleure gestion du réseau et une pénétration accrue des énergies renouvelables.
Potentiel du marché	●●●	Grand bassin d'utilisateur-rice-s potentiels : 92 % des ménages canadiens possèdent un thermostat; l'adoption des véhicules électriques augmente rapidement; l'éclairage représente entre 15 % et 30 % de la charge des immeubles commerciaux. Importante croissance prévue au cours de 15 prochaines années.
Harmonisation des politiques	●●●	Solide harmonisation avec les priorités fédérales en matière d'abordabilité, de réseaux propres et de flexibilité de la demande, comme il est décrit dans la Stratégie pour l'électricité propre du gouvernement fédéral. Prise en charge des objectifs nationaux d'électrification.

PRÉPARATION DU MARCHÉ ET PRÉPARATION TECHNOLOGIQUE

Dimension	Note	Raison/remarques
Préparation technologique	●●●	Les appareils intelligents côté clientèle ont atteint leur maturité commerciale et sont déployés à l'échelle.
Services publics et préparation de la clientèle	●●	L'adoption par les consommateurs est généralisée et croissante. Les services publics exécutent activement des programmes, mais l'intégration entière des RED demeure irrégulière. En date de 2023, 75 % d'entre eux offraient des programmes, mais fréquemment de manière ponctuelle. Environ la moitié d'entre eux n'ont pas établi de stratégie en matière d'électrification ou de RED.
Soutien politique	●●	De nombreux incitatifs et de programmes des services publics au Canada prennent en charge les thermostats intelligents, les chargeurs de véhicules électriques, les commandes d'éclairage et les charges flexibles, notamment le programme Hilo d'Hydro-Québec.

OBSTACLES

Dimension	Note	Raison/remarques
Chaîne d'approvisionnement	■ ■	Il existe une certaine capacité de fabrication nationale (particulièrement pour les commandes d'éclairage et les thermostats intelligents), mais il y a une forte dépendance envers les importations américaines pour les composants principaux (semi-conducteurs, raccords, relais) et une vulnérabilité aux pénuries mondiales.
Contexte réglementaire	■ ■	Aucune norme universelle pour l'interopérabilité des appareils; les protocoles fragmentés de communication limitent l'intégration transparente dans les programmes des services publics; les appareils de différents fabricants ne communiqueront pas bien ensemble.
Contexte économique et marché	■ ■	Les appareils ont des coûts initiaux plus élevés; l'adoption dépend toujours des incitatifs et de la sensibilisation auprès de la clientèle.

NOTE GÉNÉRALE

OCCASION : ●●● ÉLEVÉE

PRÉPARATION : ●● MOYENNE

OBSTACLES : ■ ■ MOYENNE

Annexe B : Résumé de l'engagement

Entrevues avec des services publics et des spécialistes

Nous avons mené des entrevues avec des représentant-e-s de deux services publics (un petit service et un moyen service) et d'une association industrielle pour compléter notre étude et valider nos résultats préliminaires et nos recommandations.

Dans l'ensemble, **les services publics considèrent la modernisation du réseau comme une condition préalable de la transition énergétique, plutôt qu'une initiative technologique distincte.** La croissance des charges stimulée par l'électrification, le déploiement accru des technologies en aval du compteur et les attentes croissantes en matière de fiabilité et de résilience font peser de nouvelles exigences sur les réseaux de transport de l'électricité et de distribution. Au même moment, les services publics doivent gérer des infrastructures vieillissantes, les longues durées de vie des actifs et des cadres de réglementation et de planification qui ne sont pas conçus pour les changements technologiques rapides.

Dans les entrevues, les services publics ont souligné que la modernisation du réseau est une transformation intrinsèquement transversale; elle touche la planification, les opérations, l'approvisionnement, les systèmes de TI et de TO, les compétences de la main-d'œuvre, la cybersécurité et l'engagement client. Le défi principal n'est pas de cerner les technologies prometteuses, mais de les déployer à l'échelle en composant avec les contraintes en matière de chaîne d'approvisionnement, de réglementation et d'organisation.

Technologies prioritaires et accent à court terme

La modernisation de la distribution s'est révélée comme étant la priorité à court terme la plus importante pour l'électrification. Les principaux domaines comprennent les suivants :

- **L'automatisation de la distribution et les capteurs**, y compris les disjoncteurs à réenclenchement, les indicateurs de panne et les dispositifs de surveillance souterrains, afin d'améliorer la fiabilité et reporter les dépenses en immobilisations.
- **Les systèmes avancés de gestion de la distribution (SAGD)**, qui sont généralement déployés par étapes, en commençant par la gestion des pannes et les principales fonctionnalités de gestion de la distribution. Vient ensuite la localisation de défaut, isolation et restauration des services (FLISR), la réduction de la tension de conservation (CVR) et l'intégration de l'IMA.
- **La gestion des données et les analyses**, pour transformer le volume croissant de données en valeur opérationnelle et de planification.

L'interopérabilité est considérée comme une exigence critique dans l'ensemble des technologies de distribution. Les services publics cherchent à éviter la dépendance vis-à-vis des fournisseurs et à établir des écosystèmes pour plusieurs fournisseurs.

En ce qui concerne les réseaux de transport de l'électricité, les services publics donnent la priorité à l'optimisation progressive de la capacité plutôt qu'aux nouvelles constructions :

- Adoption de la **technologie de calibre adapté à la température ambiante (AAR)** en tant qu'approche à faible risque harmonisée avec les normes afin d'améliorer l'utilisation.
- Déploiement limité de l'**évaluation dynamique de la capacité des lignes** jusqu'à maintenant, en raison des coûts, de la complexité et du besoin de données empiriques plus solides.
- Essai de **conducteurs de pointe et de revêtements pour conducteurs** afin d'accroître la capacité des lignes existantes.

Les longs échéanciers de développement, les incertitudes liées aux charges et les coûts croissants de construction et d'approbation renforcent une approche prudente en matière d'importants investissements dans le transport de l'électricité.

Plusieurs technologies sont perçues comme stratégiquement importantes, mais à plus long terme ou avec un rôle incertain. Cela comprend les **sous-stations numériques, les SGRED, le stockage d'énergie dans les batteries** et les **capteurs multifonctionnels** qui combinent la localisation des défaillances et la surveillance de la température, des risques de feux de forêt et de l'état des actifs.

Défis et obstacles principaux

- **Les risques liés à la chaîne d'approvisionnement sont désormais une contrainte dominante.** Les services publics rapportent de longs délais d'approvisionnement (entre 6 et 12 mois, et même plus) pour les transformateurs, les appareillages de connexion, les disjoncteurs à réenclenchement et l'équipement connexe, jumelés à une forte dépendance envers les fournisseurs américains et asiatiques. Les vulnérabilités vont au-delà de l'équipement important et touchent aussi les matières premières, comme l'acier, le cuivre et l'acier magnétique à grain orienté (GOES). Les petits et moyens services publics sont touchés de façon disproportionnée en raison de leur pouvoir d'achat limité.
- **Les processus relatifs aux réglementations et aux normes** sont le plus souvent cités comme les facteurs retardant le changement technologique. La lente adoption des normes et les processus de certification limitent le choix de fournisseurs et renforcent la dépendance de la chaîne d'approvisionnement. Les cadres de recouvrement des coûts favorisent souvent le matériel traditionnel par rapport aux logiciels, aux plateformes de données et aux projets pilotes, ce qui limite le déploiement de solutions numériques.
- **L'intégration de la technologie** constitue un obstacle supplémentaire. Bien que plusieurs technologies numériques soient matures par elles-mêmes, il demeure complexe de les intégrer dans les anciens environnements des services publics. Les défis comprennent l'intégration de systèmes de TI et de TO, les exigences de cybersécurité et la transition de systèmes sur place à des systèmes infonuagiques. Les services publics mettent l'accent sur la nécessité de preuves opérationnelles avant de mettre à l'échelle de nouvelles technologies.
- **La capacité de main-d'œuvre est un enjeu transversal.** Les services publics font face à une pénurie de main-d'œuvre disposant de compétences en matière de numérique hybride, de systèmes et de cybersécurité, le personnel sur le terrain et d'entretien étant entièrement mobilisé pour maintenir les actifs existants et déployer les nouvelles technologies.

Interventions des services publics et approches stratégiques

Les services publics interviennent par l'intermédiaire de l'**approvisionnement précoce et proactif, de relations à long terme avec les fournisseurs, de stratégies de déploiement progressif et de projets pilotes ciblés**, qui sont concentrés sur la validation opérationnelle plutôt que la R et D à un stade précoce. Les fonctionnalités de pointe sont souvent reportées jusqu'à la mise en place de systèmes de contrôle et de visibilité de base. Toutefois, les personnes

interviewées ont souligné que de nombreuses contraintes, particulièrement l'exposition de la chaîne d'approvisionnement et la fragmentation des normes, ne peuvent être gérées que par les services publics.

Répercussions en matière de politique

Les services publics et les expert·e·s de l'industrie ont cerné plusieurs mesures qui pourraient grandement accélérer la modernisation du réseau :

- Soutien pour **l'interopérabilité et l'harmonisation des normes**, grâce à des processus ascendants menés par les services publics et l'industrie.
- **Mécanismes de coordination de la chaîne d'approvisionnement** pour regrouper la demande, signaler les besoins à long terme et soutenir la fabrication nationale, lorsque cela est possible.
- **Modernisation réglementaire** pour récupérer les coûts des logiciels, des systèmes de données et des solutions non câblées.
- **Financement ciblé pour les démonstrations et les projets pilotes appliqués**, concentré sur les systèmes intégrés et les conditions d'exploitation au Canada.
- Initiatives de **perfectionnement de la main-d'œuvre** qui correspondent aux exigences émergentes en matière de compétences liées au réseau numérique.

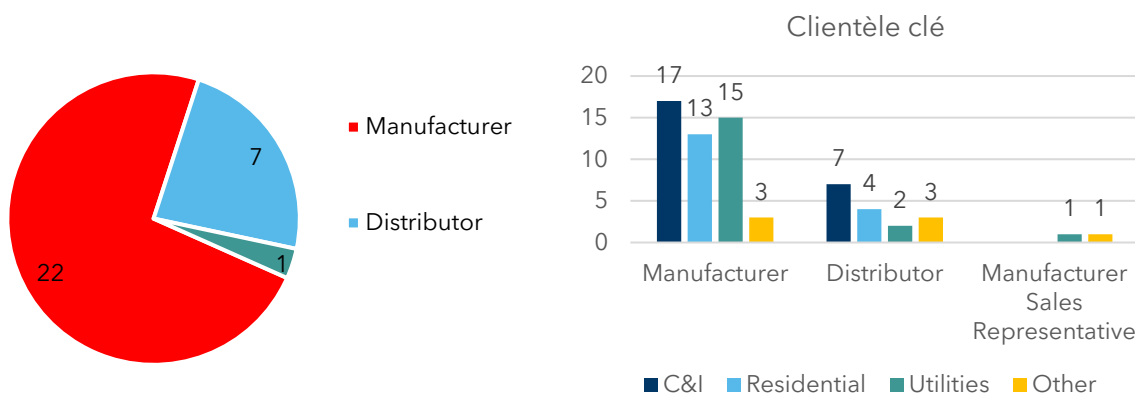
Dans l'ensemble, les services publics considèrent les technologies de réseau comme des moteurs essentiels de la transition énergétique, mais que les progrès dépendent des mesures coordonnées pour traiter les contraintes systémiques liées à la chaîne d'approvisionnement, aux normes, à la réglementation et à la capacité, plutôt que sur les technologies individuelles uniquement.

Sondage des membres de l'ÉFC

En octobre 2025, l'ÉFC et Dunsky ont élaboré un sondage en ligne à l'intention des membres de l'ÉFC. Un résumé des principaux résultats se trouve ci-dessous :

Profil démographique et couverture

Les personnes interrogées étaient principalement des fabricants et ont servi les services publics, les secteurs commerciaux et industriels et la clientèle résidentielle. Ensemble, elles couvrent une vaste gamme de technologies de construction et de réseau, y compris le matériel de base du réseau (transformateurs, appareillage de connexion et câbles), les technologies de réseaux numériques et les commandes et l'électrification côté clientèle.



Technologies principales et perspective de demande

Les personnes interrogées ont identifié l'appareillage de connexion, les coupe-circuits, les câbles (y compris les conducteurs de pointe) et les transformateurs comme étant les technologies ayant actuellement la demande la plus forte. Dans cinq ans, on s'attend à ce que la demande de toutes les technologies analysées connaisse une croissance moyenne ou élevée, ce qui reflète la portée et la profondeur de la transition énergétique.

Les technologies qui présentent la plus forte projection de croissance en matière de demande sont les transformateurs, les capteurs de réseau, les systèmes de surveillance, les panneaux intelligents, les systèmes de gestion de l'énergie, les thermostats intelligents, les chargeurs de véhicules électriques et les sous-stations numériques.

Dans l'ensemble, les personnes interrogées ont remarqué que la croissance de la demande n'est pas limitée à un ensemble limité de technologies « de pointe », mais inclut aussi le matériel de réseau traditionnel et les nouvelles solutions numériques et à l'intention de la clientèle.

Moteurs de demande

Les principaux facteurs qui stimulent la demande croissante sont les suivants :

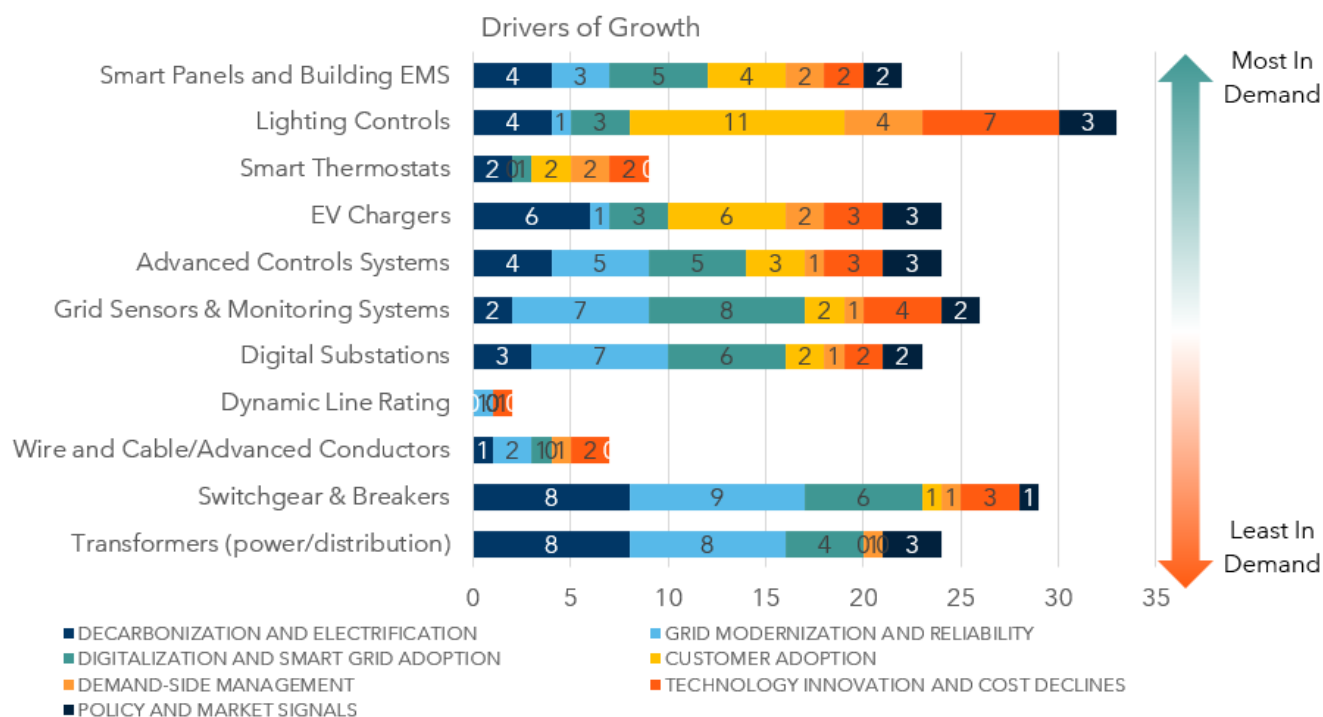
- Modernisation du réseau et besoins de fiabilité
- Électrification et décarbonisation dans l'ensemble de l'économie
- Numérisation et intégration du réseau intelligent

Lorsqu'il est question des technologies à l'intention de la clientèle, comme les commandes d'éclairage et les chargeurs de véhicules électriques, la demande est plus directement influencée

par les tendances d'adoption par les client·e·s, les codes du bâtiment, les normes de durabilité (p. ex., LEED) et les programmes d'incitatifs. Plusieurs personnes interrogées ont souligné l'importance croissante des centres de données, les exigences de résilience et la transition vers la surveillance à distance et l'entretien réduit comme autres facteurs stimulant la demande.

Elles ont également noté que l'adoption généralisée par les « consommateur·rice·s proactive·ive·s » dépendra moins de la disponibilité de la technologie, laquelle est déjà très mature, et plus des politiques, des programmes de financement et les incitatifs financiers pour la clientèle qui font correspondre les avantages privés avec les avantages plus larges pour les systèmes et la société.

ILLUSTRATION 10. FACTEURS DE CROISSANCE DES TECHNOLOGIES DE RÉSEAU



Obstacles au déploiement et à l'adoption

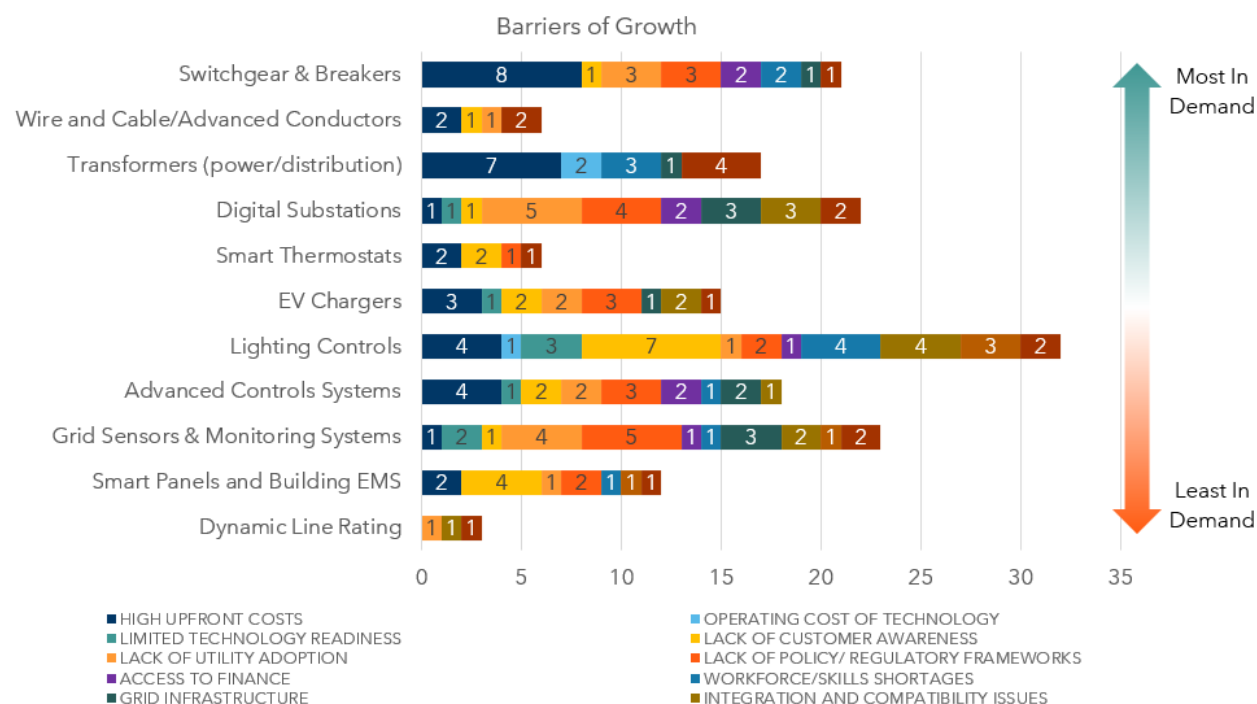
Les **coûts initiaux élevés** sont considérés comme l'obstacle le plus important dans presque toutes les technologies, particulièrement dans celles qui présentent la plus forte croissance de la demande. Voici quelques autres obstacles fréquemment mentionnés :

- Absence de politiques ou de cadres réglementaires ou manque d'harmonisation
- Mécanismes d'adoption par les services publics limités ou incohérents
- Lacunes dans les cadres et les incitatifs pour la clientèle

En ce qui concerne les technologies numériques et liées au réseau (p. ex., sous-stations numériques, capteurs, SGRED), les personnes interrogées mettent l'accent sur la nécessité que les coûts différentiels de numérisation soient reconnus par la réglementation. Pour les technologies côté clientèle, les obstacles sont plus étroitement liés à l'éducation, à la cohérence des normes et à la disponibilité des incitatifs.

Les réponses mentionnent que les cycles réglementaires et la pression des tarifs restreignent la capacité des services publics à adopter de nouvelles technologies au rythme requis par l'électrification.

ILLUSTRATION 11. OBSTACLES AU DÉPLOIEMENT DE TECHNOLOGIES DE RÉSEAU



Risques et contraintes pour la chaîne d'approvisionnement

Les préoccupations liées à la chaîne d'approvisionnement touchent le plus les **appareillages de connexion/coupe-circuits et les transformateurs**, deux des trois technologies ayant actuellement la demande la plus forte. Les personnes interrogées ont signalé les problèmes suivants :

- Délais d'approvisionnement longs et incertains
- Coûts croissants du matériel
- Pénuries de composants et délais de livraison

Les vulnérabilités concernant les composants critiques touchent le cuivre, l'acier à âme (acier magnétique à grain orienté et acier à âme amorphe), les traversées haute tension, les changeurs de prise et les conducteurs spécialisés. Les réponses ont indiqué que les coûts d'expédition de certains composants ont considérablement augmenté au cours des dernières années. Pour les technologies numériques et du côté clientèle, les risques concernent les **cartes de circuit imprimé, les semi-conducteurs et les composants de télécommunication**, ce qui reflète une volatilité plus générale du marché mondial des produits électroniques.

De nombreuses personnes interrogées ont souligné l'importance stratégique de soutenir les fournisseurs nationaux et alliés pour les composants clés, autant dans le but de réduire les risques et de renforcer la sécurité énergétique du pays.

Lacunes dans les politiques et interventions prioritaires

Pour la plupart des technologies de réseau recherchées (transformateurs, appareillage de connexion et câble), les répondant·e·s ont indiqué que **les réglementations des services publics et les obligations d’approvisionnement** représentaient les leviers politiques les plus importants.

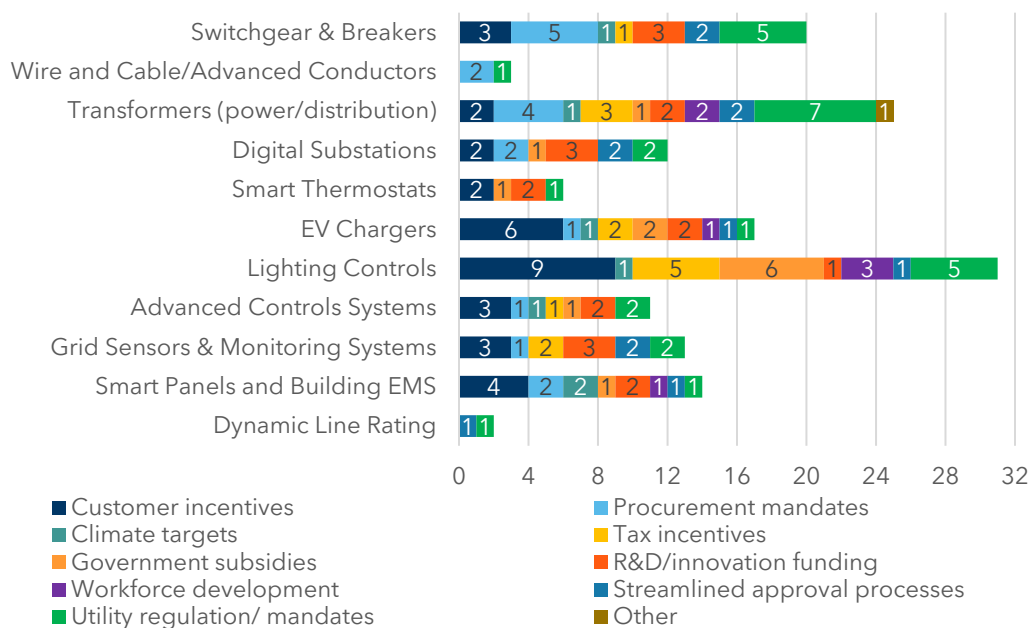
Pour les commandes d’éclairage et les chargeurs de véhicules électriques, **les incitatifs pour la clientèle et les subventions gouvernementales** étaient considérés comme plus essentiels.

Parmi les lacunes clés en matière de politiques mises en lumière, on retrouve les suivantes :

- Adoption incohérente des codes électriques dans les différentes provinces
- Cadres réglementaires limitant la capacité des services publics à investir dans la modernisation pendant les cycles de tarifs
- Droits de douane et politiques commerciales augmentant les coûts sans renforcer les chaînes d’approvisionnement nationales
- Incitatifs insuffisants pour soutenir l’adoption de thermostats intelligents et d’autres technologies favorisant l’électrification dans certaines provinces

Les personnes interrogées n’ont cessé de demander une meilleure harmonisation entre les objectifs de transition énergétique et les politiques industrielles, y compris des **mesures pour encourager la fabrication locale**, réduire les coûts sans valeur ajoutée et améliorer l’interopérabilité et la cohérence entre les normes au Canada.

ILLUSTRATION 12. INTERVENTIONS PRIORITAIRES DANS LES POLITIQUES POUR LES TECHNOLOGIES DU RÉSEAU





POLITIQUE D'EXCLUSION DE RESPONSABILITÉ

Ce rapport a été préparé par Dunsky Énergie + Climat, une société indépendante consacrée à la transition vers l'énergie propre et qui s'engage à fournir des analyses et des conseils de qualité, intègres et impartiaux. Ses conclusions et recommandations sont basées sur les meilleures informations existantes au moment où le travail a été effectué, ainsi que sur le jugement professionnel de ses expert-e-s.

Dunsky est fière de son travail.