

Open Source et interopérabilité dans le secteur de l'énergie

Opportunités pour les acteurs du secteur de l'énergie au Canada

Mike Dover

Août 2024

Rapport préparé pour le:



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Open Source et interopérabilité dans le secteur de l'énergie

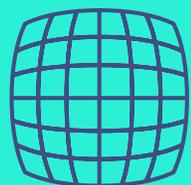
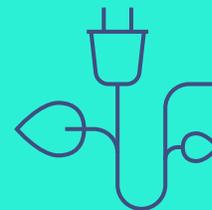
Impact de la technologie numérique: la technologie numérique à elle seule devrait générer 2,1 trillions de dollars de revenus annuels.



Défis du secteur de l'énergie: le secteur de l'énergie doit répondre à une croissance de 50 % de la demande d'ici 2050 tout en devenant plus écologique et plus intelligent.



La promesse de l'open source: la technologie open source est la plus prometteuse pour accélérer la transition vers l'énergie propre.



Rôle des microréseaux ("microgrids"): les microréseaux sont essentiels à l'accès à l'énergie et à la transition énergétique, fournissant une électricité fiable et souveraine.

Développement des réseaux intelligents ("smartgrids"): la numérisation implique le développement d'un réseau intelligent avec une communication bidirectionnelle et des capteurs avancés.



Avantages de l'open source: les plateformes open source réduisent les coûts, améliorent l'interopérabilité et favorisent l'intégration entre les systèmes énergétiques.



Normes et collaborations: des normes à l'échelle de l'industrie sont nécessaires pour faciliter l'interopérabilité et réduire les silos.

Importance du partage des données: les plateformes open source contribuent à une meilleure planification à long terme grâce à un partage de données transparent et en temps réel.



Technologie à l'épreuve du futur: l'adoption des solutions open source garantit que les actifs restent adaptables et compatibles avec les normes et technologies en évolution.



L'interopérabilité: La norme IEEE 2030.5 normalise la communication entre le réseau intelligent et les consommateurs via des normes Web ouvertes telles que TCP/IP et XML.

Solution d'interopérabilité: Le projet EVERest permet aux intervenants de l'industrie de simplifier la conformité tout en fournissant une base évolutive et interopérable pour l'innovation dans la recharge des véhicules électriques..



Solution d'interopérabilité: Le projet SPEEDIER met en évidence l'importante opportunité offerte par les logiciels et normes ouverts pour améliorer les REDs et leur intégration dans les systèmes de réseaux intelligents.





Contenu

Introduction.....	4	Normes et innovation dans le secteur de l'énergie.....	12
Avantages de l'open source et nécessité d'harmonisation	5	Étude de cas : SPEEDIER.....	15
Réduction du risque de verrouillage	5	Recommandations	18
Visibilité accrue	6	Conclusion.....	22
Intégration améliorée	6	Méthodologie	23
Partage de données soutenu	7	Bibliographie sélective	24
Développement de technologies à l'épreuve du futur	7	Remerciements	25
Obstacles réels et perçus à l'adoption de l'open source	10	À propos de l'auteur	25
Systèmes propriétaires en place	10		
Disparités réglementaires.....	10		
Manque de normalisation.....	11		
Lacunes en matière de communication	11		
Problèmes de confidentialité.....	12		
Gestion des risques.....	12		



Introduction

En 2017, la Commission affaires et développement durable a établi un prix économique pour les entreprises qui atteignent les objectifs de développement durable des Nations Unies et décrit comment les entreprises peuvent atteindre ces objectifs en déployant la technologie.¹ L'opportunité de révolutionner des secteurs tels que la santé, l'agriculture, la logistique, l'énergie, la finance et l'éducation est énorme, mais pour être efficaces, les solutions numériques doivent être démocratisées et déployées dans l'ensemble de l'économie mondiale. Le projet estime que l'accélération des objectifs mondiaux pourrait générer des revenus et des économies commerciales dépassant 12 trillions de dollars par an et créer 380 millions de nouveaux emplois d'ici 2030. Une analyse plus approfondie de la Global e-Sustainability Initiative et d'Accenture suggère également que la technologie numérique à elle seule générera 2.1 trillions de dollars de revenus annuels.²

L'un des efforts les plus urgents est l'accélération de l'objectif 13, la lutte contre le changement climatique, par le biais d'une électrification généralisée associée à la numérisation du secteur de l'énergie. Le secteur de l'électricité est confronté à la fois à une augmentation d'au moins 50 % de la demande d'ici 2050, tout en devant rendre ses services plus écologiques et plus intelligents. Le besoin actuel est de passer d'une demande massive de nouveau matériel à une infrastructure définie par logiciel qui connecte un système agile et évolutif. Cela implique une infrastructure qui peut être mise à niveau en continu, plus facilement et à moindre coût.

L'augmentation du nombre des appareils connectés nécessite une interopérabilité importante - qui est actuellement absente - entre les compagnies électriques et les autres acteurs du système électrique, ce qui pose des problèmes majeurs en matière de sécurité, de partage des données, de communication et de verrouillage des fournisseurs. Les normes et protocoles open source sont les plus prometteurs pour accélérer l'innovation et le rythme de la transition vers une énergie propre tout en abordant ces problèmes d'interopérabilité. Cependant, l'adoption de la technologie open source dans le système de distribution d'électricité canadien en est encore à ses débuts. La plupart des technologies open source de ce secteur sont soutenues par des organisations telles que la Linux Foundation plutôt que par des contributeurs individuels. Les intervenants du secteur de l'énergie de l'ensemble de l'écosystème canadien de l'électricité ne participent pas activement aux communautés et aux initiatives d'innovation ouverte spécifiques au secteur de l'énergie. Récemment, on a de plus en plus reconnu la nécessité de l'interopérabilité, principalement motivée par des préoccupations en matière de cybersécurité. Un exemple dans le secteur de l'énergie où la technologie open source jouera un rôle est celui des microréseaux. Manoj Sinha, PDG de Husk Power, déclare : « Les microréseaux deviennent la plateforme d'accès à l'énergie et de transition énergétique pour les marchés émergents. Ils aident des centaines de pays à déconnecter le réseau des combustibles fossiles et à obtenir de l'électricité avec un degré élevé de fiabilité et de souveraineté. »³ Nous pouvons adopter une perspective prospective, en examinant les différentes tendances réglementaires des clients, notamment la

1 « **Better Business, Better World** », Commission affaires et développement durable. Décembre 2017

2 « **S'unir pour fournir la technologie nécessaire à la réalisation des objectifs mondiaux** », 2030Vision, SustainAbility, décembre 2017.

3 **L'opportunité Open Source pour les micro-réseaux Cinq façons de stimuler l'innovation et de surmonter les obstacles du marché pour la résilience énergétique**, The Linux Foundation, juin 2023.



réduction de la carbonisation et l'augmentation de l'utilisation des énergies renouvelables, y compris celle des Ressources Énergétiques Décentralisées (RED).

La numérisation dans le secteur de l'énergie exploite les technologies numériques pour améliorer l'efficacité, la fiabilité et la durabilité des systèmes énergétiques. Ce processus intègre l'automatisation, l'Internet des objets (IoT), l'analyse de données et l'infonuagique dans toute la chaîne de valeur énergétique. Il est important de garantir une disponibilité quasi parfaite, mais de le faire de manière plus durable – une situation qui nécessite un partage transparent des données en temps réel. Cette transformation implique le développement d'un « réseau intelligent » qui facilite la communication bidirectionnelle entre les compagnies d'électricité et les consommateurs, et intègre

des capacités de détection le long des lignes de transmission. Traditionnellement, l'approche centralisée et unidirectionnelle du secteur de l'énergie, dominée par les grandes entreprises s'appuyant sur les combustibles fossiles, s'est avérée inefficace, avec des possibilités limitées de stockage d'énergie et de production d'énergie pour les consommateurs. La numérisation peut révolutionner le secteur en permettant une intégration plus efficace des sources d'énergie renouvelables, avec des capteurs et des systèmes de contrôle avancés gérant la variabilité de l'énergie éolienne et solaire.

Avantages de l'open source et nécessité d'harmonisation

Les plateformes open source peuvent réduire les coûts associés aux frais de licence des logiciels propriétaires et offrir flexibilité et personnalisation pour répondre à des besoins spécifiques, facilitant un développement, une intégration et une interopérabilité meilleurs et plus rapides. Travis Lusney, Directeur des Systèmes Électriques chez Power Advisory LLC, déclare : « Les plateformes open source peuvent fournir des outils, des modules et des applications communs qui améliorent l'interopérabilité en répondant aux critères de performance et en facilitant l'intégration entre divers systèmes. »⁴ Il a 100% raison ; l'open source peut offrir tous ces avantages et bien plus encore.

Réduction du risque de verrouillage

De base, la technologie open source peut réduire les risques de verrouillage du fournisseur. Lorsqu'une organisation utilise un système propriétaire, il existe un risque d'augmentation des coûts, de restriction d'utilisation et de risque d'abandon – en particulier lorsqu'une organisation est acquise ou qu'un produit est supprimé. De plus, les logiciels open source sont généralement disponibles à un coût inférieur aux frais de licence élevés associés aux logiciels propriétaires.

4 Entretien de Travis Lusney réalisé par Mike Dover, le 17 mai 2024.



Visibilité accrue

De plus, la nature transparente et indépendante des logiciels open source renforce la confiance, car les parties prenantes peuvent inspecter et auditer le code. Javad Fattahi, professeur à l'Université d'Ottawa, conseille : « Si la transparence est un avantage, elle signifie également que les vulnérabilités peuvent être plus facilement découvertes et exploitées si elles ne sont pas correctement gérées. Les solutions open source peuvent rencontrer des difficultés d'intégration avec des systèmes et des normes propriétaires, ce qui nécessite une personnalisation et une expertise supplémentaires. Il existe de nombreuses communautés open source performantes dont nous pouvons nous inspirer pour relever ces défis. »⁵ Une bonne gestion de l'open source peut cependant accroître la sécurité ; les meilleures pratiques peuvent être trouvées sur OpenSSF.⁶ Une étude menée par l'Université de Washington s'accorde à dire que les projets open source sont plus sûrs : « ... avec l'open source, quiconque souhaite voir le code source de n'importe quelle partie d'un projet peut le faire. Les bugs, y compris les vulnérabilités de sécurité, peuvent être repérés par les nombreux yeux – experts comme novices – sur le code. Le code open source est soumis à des contrôles de sécurité (comme dans toute entreprise de développement de logiciels professionnels), mais en plus des contrôles « internes » effectués par les ingénieurs liés au projet, il est également soumis à des contrôles de sécurité non sollicités qui peuvent être effectués par n'importe qui dans le monde. On pourrait soutenir qu'en général, les projets open source sont susceptibles de faire l'objet de plus de vérifications de code, car généralement, une entité responsable d'un projet le testera dans une certaine mesure et des sources extérieures testeront

également votre source dans une certaine mesure, ce qui pourrait entraîner un examen plus approfondi du code dans ce paradigme. Cela est particulièrement vrai lorsque de grandes entreprises ont un intérêt direct dans un projet open source ou vendent des produits basés sur celui-ci. Dans ce cas, elles ont le même intérêt à ce que le projet soit sécurisé que s'il était propriétaire. Enfin, bien que la sécurité soit souvent citée comme la principale raison pour laquelle le code source n'est pas ouvert au public, il semble y avoir peu de preuves concluantes pour étayer cette affirmation.⁷

Intégration améliorée

Les différentes juridictions gèrent souvent leurs données sur l'énergie dans des formats distincts, ce qui rend difficile l'intégration et l'utilisation de ces données pour une modélisation et une analyse compréhensive. Ce manque de normalisation nécessite des efforts considérables pour convertir et harmoniser les données, ce qui mobilise les ressources disponibles pour la modélisation et l'analyse des règles.

Kevin Palmer-Wilson est responsable de l'analyse énergétique chez Othersphere. Sa déclaration, « Il existe un besoin de normes à l'échelle de l'industrie pour faciliter l'interopérabilité entre différentes régions et différents secteurs, en réduisant les silos et en améliorant la collaboration »⁸ est prémonitoire. Travis Lusney est d'accord : « Les régulateurs peuvent tirer parti des solutions open source pour établir des normes et encourager les parties prenantes à partager et à adopter des protocoles communs, réduisant ainsi le besoin de systèmes personnalisés et disparates. »⁹

5 Entretien de Javad Fattahi, réalisé par Mike Dover, le 5 juin 2024.

6 Pour plus d'informations, voir <https://openssf.org/>.

7 « **Les logiciels open source sont-ils plus sûrs ?** », Russell Clark, David Dorwin et Rob Nash.

8 Entretien de Kevin Palmer-Wilson, réalisé par Mike Dover, le 20 mars 2024.

9 Entretien de Travis Lusney réalisé par Mike Dover, le 17 mai 2024.



Jow Ortiz, Directeur Général d'Ubicquia, Inc., explique : « Ensuite, vous avez l'interopérabilité entre les différents pays et nations, ce qui favorise cette diversité qu'une norme commune devrait nier. Mais c'est difficile... vous ne pouvez pas vraiment dire aux pays quelles normes suivre. Vous en revenez donc à une sorte de coopération internationale, en particulier aux points de jonction. »¹⁰ La collaboration intersectorielle et internationale sur une base de code partagée permet la personnalisation tout en maintenant l'harmonisation globale, en tirant parti des contributions de la communauté pour stimuler l'innovation.

Partage de données soutenu

Les plateformes open source permettent une meilleure planification à long terme en fournissant des données ouvertes, ce qui permet de répliquer l'infrastructure existante, de mener des études de connexion et d'investir dans le réseau.

Les RED génèrent beaucoup de données qui fournissent de nombreuses informations précieuses si elles sont exploitées correctement. La modernisation du réseau implique le déploiement de capteurs et de contrôles aux points de production et de consommation pour garantir une adéquation efficace de la production aux besoins de charge. Cet effort implique de comprendre la capacité du réseau, de donner la priorité aux solutions rentables et respectueuses de l'environnement et de mettre en œuvre des technologies de réseau intelligent.

Max Parzen, PDG d'Open Energy Transition, déclare : « ... les données ouvertes m'aident à avoir une bonne idée du système énergétique. Par exemple, je peux reproduire le fonctionnement

10 Entretien de Jow Ortiz réalisé par Mike Dover, le 7 mai 2024.

11 Entretien de Max Parzen, réalisé par Mike Dover, le 25 mars 2025.

12 Entretien de Jow Ortiz réalisé par Mike Dover, le 7 mai 2024.

Il existe un besoin de normes à l'échelle de l'industrie pour faciliter l'interopérabilité entre différentes régions et différents secteurs, en réduisant les silos et en améliorant la collaboration.

— KEVIN PALMER-WILSON, RESPONSABLE DE L'ANALYSE ÉNERGÉTIQUE CHEZ OTHERSPHERE

d'une infrastructure existante ou... je peux faire des études de connexion pour de nouveaux actifs de demande ou de production. »¹¹ Les données proviennent de plusieurs sources et doivent toutes être prises en compte lors de l'évaluation de la santé globale du réseau. Jow Ortiz réfléchit : « ... vous devez également disposer de capteurs qui vous indiquent les performances du réseau... Mon courant circule-t-il de cette centrale électrique au charbon vers le client où je veux vraiment qu'il soit, du panneau solaire sur le toit au réseau ? Cela signifie donc que quelque chose doit contrôler le réseau. J'ai un gros générateur nucléaire de 2 000 mégawatts. Il aura donc la priorité sur votre panneau solaire de 500 watts. »¹²

Développement de technologies à l'épreuve du futur

En adoptant des solutions open source, les entreprises peuvent s'assurer que leurs actifs restent adaptables et compatibles avec l'évolution des normes et des technologies du secteur. Pour plus de données sur l'innovation dans le domaine des énergies renouvelables, consultez l'encadré ci-dessous.



SONDAGE DE INITIATIVE INNOVATION ET LA RÉGLEMENTATION DE L'ÉLECTRICITÉ

Afin de soutenir les objectifs de zéro émission nette, Initiative innovation et la réglementation de l'électricité (IIRE) a entrepris d'examiner le rôle de la réglementation économique et des programmes connexes dans la mise à l'échelle des innovations réussies et l'accélération de la modernisation du réseau.¹³

Les réponses aux 73 soumissions reçues de diverses organisations de partout au Canada ont été classées en cinq thèmes axés sur l'accélération du rythme de l'électrification, la modernisation du réseau électrique et l'innovation:

- **L'innovation au sein des compagnies d'électricité, conjuguée à une innovation en matière de réglementation, constitue une approche plus efficace pour répondre aux défis de la transition énergétique..** Les répondants ont souligné plusieurs domaines qui pourraient bénéficier du soutien du gouvernement, notamment la mise en place de bacs à sable (sandboxes) réglementaires et d'autres mécanismes pour faciliter le pilotage et l'expérimentation, la promotion des activités de recherche et de partage des connaissances sur l'innovation réglementaire et le renforcement des capacités au niveau réglementaire pour favoriser l'innovation réglementaire et procédurale et le changement organisationnel.
- **Le leadership fédéral est nécessaire pour promouvoir l'harmonisation et la certitude des politiques intergouvernementales.** Les répondants ont identifié plusieurs domaines qui pourraient bénéficier du soutien du gouvernement, notamment :
 - a. créer des groupes de travail interjuridictionnels,
 - b. des études de planification du système,
 - c. des feuilles de route d'innovation pour renforcer les capacités,
 - d. aligner les orientations politiques,
 - e. des mandats législatifs entre les différents niveaux de gouvernement, créer des lignes directrices adaptables pour les voies d'électrification,
 - f. intégrer l'innovation dans les hypothèses de technologie, de marché, de coût et de ressources pour chaque juridiction.

13 « **Ce que nous avons entendu : Demande d'information sur la réglementation de l'électricité au Canada et la modernisation du réseau** », Ressources naturelles Canada, 6 décembre 2023.



SONDAGE DE INITIATIVE INNOVATION ET LA RÉGLEMENTATION DE L'ÉLECTRICITÉ (SUITE)

- **Le soutien du gouvernement peut accélérer le rythme du changement tout en atténuant le risque pour les contribuables.** Les répondants ont identifié plusieurs domaines qui pourraient bénéficier d'une action et d'un soutien supplémentaires du gouvernement. Il s'agit notamment de promouvoir l'innovation et le déploiement de technologies par le biais de financements de programmes, de crédits d'impôt à l'investissement et de prêts à faible taux d'intérêt. En outre, ils ont suggéré d'étendre les mesures incitatives pour couvrir les dépenses au-delà des coûts d'investissement initiaux, comme les opérations et la maintenance, en particulier dans les petites juridictions. Il a également été souligné qu'il était essentiel de combler les lacunes en matière de connaissances en finançant des études, des évaluations et des recherches axées sur l'équité en cours dans chaque juridiction.
- **Il existe des lacunes dans la recherche et le développement pour intégrer et permettre l'utilisation de nouvelles technologies.** Les répondants ont indiqué que plusieurs domaines pourraient bénéficier de l'action et du soutien du gouvernement, comme le financement de projets de recherche, de développement et de démonstration axés sur l'intégration et l'exploitation des systèmes. Ils ont également souligné la nécessité de financer des infrastructures auxiliaires et habilitantes, en particulier dans les communautés éloignées, et l'importance d'améliorer les normes de cybersécurité et d'interopérabilité.
- **La modernisation du réseau présente des risques d'impacts disproportionnés sur les ménages à faible revenu et les communautés rurales et éloignées.** Les répondants ont souligné plusieurs domaines nécessitant une action et un soutien du gouvernement, tels que la compensation des coûts d'électrification pour les communautés à faible revenu, rurales et autochtones, la facilitation des possibilités de collaboration et de partage des connaissances au-delà des frontières régionales et le financement du renforcement des capacités des communautés autochtones. Cela permettrait à ces communautés de contribuer aux activités de modernisation du réseau et de participer à la transition énergétique.



Obstacles réels et perçus à l'adoption de l'open source

Malgré l'impact potentiel considérable de la technologie open source sur l'interopérabilité, des obstacles réels et perçus subsistent.

Systèmes propriétaires en place

À l'heure actuelle, de nombreuses compagnies d'électricité s'appuient sur des logiciels propriétaires qui ne s'intègrent pas facilement à d'autres systèmes ou solutions open source, ce qui conduit à une infrastructure fragmentée. L'intégration d'outils open source à des systèmes propriétaires existants peut s'avérer difficile en raison des différences de normes et de spécifications techniques. Dans certains cas, cette situation est simplement une fonction de l'infrastructure existante, dans d'autres, la bataille semble se jouer contre les parties qui profitent du statu quo. Kevin Palmer-Wilson déclare avec audace : « Les modèles à source fermée dans la conception des politiques ne devraient pas exister... La seule raison pour laquelle ils existent est de faciliter la réalisation de profits à partir de ces modèles. »¹⁴ Travis Lusney est d'accord : « ... de nombreuses provinces ont des compagnies d'électricité verticales qui possèdent, exploitent, planifient et investissent dans la production, le transport, la distribution et, essentiellement, dans le commerce de détail. Il existe donc un type naturel de conflit d'intérêt pour s'impliquer dans de nombreuses RED, car cela nuit à leur activité du point de vue du modèle commercial. »¹⁵

14 Entretien de Kevin Palmer-Wilson, réalisé par Mike Dover, le 20 mars 2024.

15 Entretien de Travis Lusney réalisé par Mike Dover, le 17 mai 2024

16 Entretien de Travis Lusney réalisé par Mike Dover, le 17 mai 2024.

Disparités réglementaires

Les différents cadres réglementaires d'une juridiction à l'autre peuvent créer des obstacles à une interopérabilité transparente, en particulier en ce qui concerne le partage des données et le respect de la vie privée. En effet, chaque province dispose d'un ensemble de réglementations différent, motivé par de multiples facteurs, notamment le fait que les méthodes de production d'énergie diffèrent. Selon Travis Lusney, « chaque province est responsable de son territoire. Il y a donc 10 organismes de réglementation différents... Si vous exercez vos activités en Alberta et en Colombie-Britannique, vous ne pouvez pas vous adresser à une entité pour dire : « Hé, vous devriez harmoniser ces règles. »¹⁶

L'absence d'une entité centralisée pour la prise de décision et la maintenance des normes qui servent les intérêts du public, des entreprises et des compagnies d'électricité constitue un problème important. Javad Fattahi explique : « La plupart des compagnies d'électricité s'appuient sur leurs propres listes de fournisseurs approuvés, qui ne sont pas toujours approuvées par la ACN (Association Canadienne de Normalisation), ce qui entraîne des normes fragmentées et des problèmes d'interopérabilité. Ce problème hérité découle des lacunes de la ACN en matière d'outils et d'équipements spéciaux utilisés dans le secteur des compagnies d'électricité. De plus, les organismes nationaux de normalisation comme la ACN sont souvent réticents à adopter des normes protégées par le droit d'auteur comme l'IEEE. Cette réticence crée des lacunes et des incohérences, ce qui incite les compagnies d'électricité

à élaborer leurs propres normes et listes approuvées, ce qui complique encore davantage l'interopérabilité. »¹⁷

Manque de normalisation

De même, les compagnies d'électricité et les régions utilisent souvent des outils et des normes différents pour la planification et l'exploitation, ce qui entraîne des incompatibilités. Ce problème est exacerbé lorsque les régulateurs canadiens veulent adapter les leçons tirées des ensembles de données européens ou américains. Marco Möller, PDG de Pionix, invoque une célèbre bande dessinée XKCD qui montre des bonhommes allumette ravis d'avoir créé une norme technique unique qui harmonisera toutes les autres. La chute du panneau final nous montre que la nouvelle norme « universelle » n'est qu'une nouvelle entrée sur la pile.

Les systèmes souvent lourds comme SCADA (Système de Contrôle et d'Acquisition de Données) qui ne sont pas évolutifs efficacement et les communications modernes à fibre optique à large bande passante et à faible latence soulignent la nécessité d'une interopérabilité dans la transmission de divers types de données, car la complexité des données échangées est désormais bien plus élevée entre des millions de petits appareils qui comprennent l'essor des RED et de l'Internet des objets (IoT) énergétique.

Lacunes en matière de communication

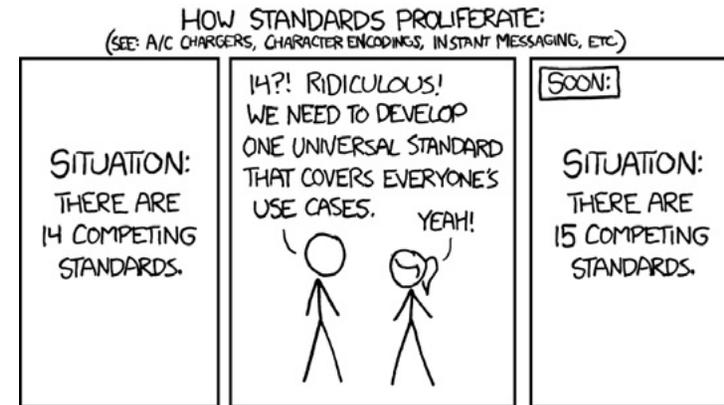
Il existe parfois une mauvaise communication et une mauvaise collaboration entre les différentes parties prenantes, telles que les organismes de réglementation, les compagnies d'électricité et les opérateurs de réseaux de transport, ce qui

¹⁷ Entretien de Javad Fattahi, réalisé par Mike Dover, le 5 juin 2024.

¹⁸ Entretien de Kevin Palmer-Wilson, réalisé par Mike Dover, le 20 mars 2024.

FIGURE 1

COMMENT LES NORMES PROLIFÈRENT



Source: https://imgs.xkcd.com/comics/standards_2x.png, utilisé avec la permission du détenteur des droits d'auteur.

conduit à une planification et à des opérations mal alignées. Ces lacunes existent en grande partie en raison de l'intérêt (parfois légitime) des parties prenantes à garder les informations confidentielles afin de préserver un avantage concurrentiel. Malheureusement, ce manque de collaboration limite les avantages de l'interopérabilité. Les décisions opérationnelles peuvent également nuire à la base de connaissances nationale, comme l'indique Kevin Palmer-Wilson : « Une grande partie de la modélisation [du secteur de l'énergie] réalisée par le gouvernement canadien a été confiée à des sociétés de conseil américaines alors que nous devrions vraiment favoriser cette expertise au Canada. »¹⁸



Problèmes de confidentialité

Assurer la confidentialité et la sécurité des données lors de l'utilisation d'outils open source est une préoccupation importante, en particulier lorsqu'il s'agit d'informations sensibles. Max Parzen reconnaît que « ... il existe certainement des problèmes de confidentialité du côté de la demande. Si j'analyse les profils de demande historiques d'un certain lieu ou d'un certain ménage, je peux prédire quand les gens sont en vacances ou interfèrent avec les opérations commerciales. »¹⁹

La propriété des données générées par les RED appartient au propriétaire de la ressource, ce qui souligne l'importance de la confidentialité des données et des mesures de sécurité. Le cryptage, les tests de pénétration et l'amélioration continue sont essentiels pour protéger les informations sensibles et répondre aux préoccupations en matière de confidentialité. Jow Ortiz déclare : « C'est toujours un jeu du chat et de la souris dès que l'on devient plus intelligent. Il y a quelqu'un de plus intelligent que lui qui sait comment débloquer ce piège à souris. Il faut donc toujours... améliorer continuellement le chiffrement, la confidentialité des données et les capacités de pénétration des données. »²⁰ Ian Palm, associé chez Fasken, nous rappelle que le partage et la collecte d'informations entre diverses sources créent au moins une perception de risque. Il déclare : « Je peux certainement voir les avantages de pouvoir partager des informations ou regrouper des données provenant de différentes juridictions. Mais je vois aussi que les gens s'inquiètent à ce sujet... Je pense, d'après mon expérience de travail avec diverses compagnies d'électricité, qu'ils ont peur que des acteurs malhonnêtes aient accès à toutes sortes d'informations qui pourraient entraîner des risques pour le système électrique du Canada ou certaines parties de celui-ci. »²¹

19 Entretien de Max Parzen, réalisé par Mike Dover, le 25 mars 2025.

20 Entretien de Jow Ortiz réalisé par Mike Dover, le 7 mai 2024.

21 Entretien de Ian Palm, réalisé par Mike Dover, le 7 juin 2024.

22 Entretien d'Alex Simakov réalisé par Mike Dover, le 5 mai 2024.

« Cependant, il faut trouver un équilibre entre la confidentialité et l'ouverture pour éviter de cloisonner des données qui sont importantes pour l'innovation. Alex Simakov, directeur des affaires externes chez Energy Storage Canada, recommande de réduire les niveaux de prudence concernant la confidentialité de certains types de données de consommation et de production, en préconisant un partage plus ouvert des données pour améliorer la visibilité et l'efficacité sectorielles. « Nous recommandons l'ouverture et la transparence des données comme point de départ, et de ne s'en remettre à la confidentialité que lorsque cela est absolument nécessaire. La transition énergétique ne peut réussir sans des données fiables et facilement accessibles à la périphérie du réseau »²², estime-t-il.

Gestion des risques

Bien que ce facteur puisse être davantage une perception qu'une réalité, la technologie open source semble encore risquée pour certaines organisations en raison d'un manque de familiarité, de risques perçus et d'incertitudes concernant le support et la maintenance. Les solutions open source peuvent manquer de services de support dédiés, ce qui entraîne des défis en matière de dépannage et de maintenance. Le fait que les projets open source dépendent souvent des contributions de la communauté pour le support et la maintenance peut inquiéter les régulateurs et les producteurs d'électricité qui sont censés fournir un temps de disponibilité proche de 100%. Il convient toutefois de noter que certains projets open source tels que Red Hat bénéficient d'un support fantastique – le défi ici peut être celui de l'éducation.



Normes et innovation dans le secteur de l'énergie

L'adoption de diverses normes d'interopérabilité varie selon la province et même selon la compagnie d'électricité. Il n'existe pas d'approche unifiée, ce qui conduit à une mise en œuvre fragmentée. Les normes les plus pertinentes pour l'interopérabilité sont IEEE 2030.5, IEEE 1547-2018 et IEEE 2800-2022.

IEEE 2030.5 est une norme pour les communications entre le réseau intelligent et les consommateurs. Elle repose sur des normes Web ouvertes telles que TCP/IP, TLS, HTTP et XML, facilitant l'interopérabilité. La norme est construite à l'aide des concepts de l'Internet des objets (IoT) et offre aux consommateurs divers moyens de gérer leur consommation et leur production d'énergie. Les informations échangées à l'aide de la norme comprennent la tarification, la réponse à la demande et la consommation d'énergie, ce qui permet l'intégration d'appareils tels que des thermostats intelligents, des compteurs, des véhicules électriques rechargeables, des onduleurs intelligents et des appareils intelligents. La norme IEEE 2030.5 définit en outre un cadre pour prendre en charge ces applications afin de permettre un écosystème sécurisé, interopérable et "plug-and-play" d'appareils grand public de réseau intelligent. David Trafela de Sunesis la décrit comme « ... fondamentalement, elle prend en charge l'interopérabilité en termes de définition d'un langage commun. Elle fournit, disons, des messages communs que tous les appareils doivent implémenter afin de parler le même langage... Elle fournit un protocole de communication standardisé afin qu'un appareil ne puisse pas dire : "Ok, je communique dans ce protocole. Je ne vous comprends pas". Ainsi, tous les appareils communiquent à l'aide des mêmes protocoles... C'est assez évolutif. C'est

donc à l'épreuve du temps. »²³ Javad Fattahi estime que « en harmonisant la norme IEEE 2030.5, nous pouvons combler l'écart entre les exigences techniques spécifiées dans les normes IEEE 1547-2018 et IEEE 2800-2022 et les besoins opérationnels des opérateurs EPS (Electronic Packaging Society) ». ²⁴

Les normes IEEE 1547-2018 et IEEE 2800-2022 aident à intégrer les RED dans les systèmes d'alimentation électrique (EPS). Cependant, elles se concentrent principalement sur l'interopérabilité électrique plutôt que sur l'interopérabilité opérationnelle. En substance, ces normes spécifient les exigences minimales pour que les RED se connectent au réseau, mais ne prescrivent pas comment les différents éléments du réseau doivent communiquer et interagir entre eux pour un fonctionnement efficace. Une excellente ressource qui prend en charge la norme IEEE 1547 est SunSpec Academy, qui fournit un soutien, notamment une formation technique pour les participants de l'industrie RED et V2G (Vehicle to Grid). D'autre part, des protocoles comme IEEE 2030.5 mettent l'accent sur l'interopérabilité opérationnelle en définissant des protocoles de communication et des formats d'échange de données pour l'intégration des RED. L'IEEE 2030.5 fournit un cadre pour une communication transparente entre les RED, les opérateurs EPS et les autres parties prenantes du réseau, permettant un fonctionnement plus efficace et coordonné du réseau.

La norme IEEE 1547-2018 vise à garantir que les RED peuvent s'interconnecter au réseau sans provoquer d'effets négatifs sur la stabilité ou la fiabilité du réseau grâce à la régulation de la tension, à la réponse aux conditions anormales, à la qualité de l'énergie, à l'îlotage et à la protection anti-îlotage

23 Entretien de David Trafela, réalisé par Mike Dover, le 7 juin 2024.

24 Entretien de Javad Fattahi, réalisé par Mike Dover, le 5 juin 2024.



(contrôles primaires et secondaires). Une section de cette norme fait référence aux protocoles de communication - Section 10.7. Le RED doit prendre en charge au moins l'un des protocoles spécifiés dans le tableau 41. Le protocole à utiliser peut être spécifié par l'opérateur EPS de zone. Des protocoles supplémentaires, y compris des protocoles propriétaires, peuvent être autorisés dans le cadre d'un accord mutuel entre l'opérateur EPS de zone et l'opérateur RED. Des couches physiques supplémentaires peuvent être prises en charge avec celles spécifiées dans le tableau. La norme IEEE 2800-2022 définit les exigences de fiabilité du réseau pour les performances et les tests des ressources basées sur des onduleurs (IBR) connectées aux systèmes d'alimentation en masse (contrôles tertiaires).

Bien que la norme IEEE 2030.5 offre un potentiel considérable, certains aspects de celle-ci posent problème. Gordon Lum, Directeur Technique de Kitu Systems, Inc. et Vice-président du groupe de travail sur la norme IEEE 2030.5, déclare : « ... malgré l'utilisation d'outils standard, différentes interprétations de la norme peuvent conduire à des implémentations non interopérables. Si vous lisez la norme 2030.5, presque tout ce qu'elle contient est facultatif. Donc, maintenant que vous avez cette infinie optionalité, cela n'est pas très propice à l'interopérabilité... Même si tout le monde utilise les mêmes outils, certains aspects de l'interprétation de la norme peuvent rendre les choses non interopérables. Ils peuvent interpréter la phrase de manière légèrement différente. »²⁵ En même

temps, Lum déclare : « ... IEEE 1547 est une norme clé pour l'interconnexion des RED au réseau, avec des protocoles spécifiques pour différents cas d'utilisation. »²⁶

La question du leadership peut devenir délicate. Hudson Hollister, cofondateur et PDG de HData, souligne que « ... ce n'est pas le travail de personne de créer ou de maintenir une structure numérique standardisée pour ce type de contenu qui est rapporté séparément par l'industrie à différents régulateurs et différentes juridictions. » Bien que les logiciels open source présentent des avantages significatifs, Hollister nous rappelle que « de par la nature de l'open source, personne ne l'impose. L'open source est rejoint et contribué volontairement par de nombreux acteurs. »²⁷

Le **projet Everest**, développé par le Joint Office of Energy and Transportation (collaboration entre le ministère américain de l'Énergie et le ministère américain des Transports) et la Linux Foundation, utilise une couche logicielle open source standardisée pour prendre en charge l'infrastructure des véhicules électriques (VE). Sarah Hipel, responsable du programme de normes et de fiabilité au Joint Office, explique : « En fournissant un cadre unifié et en favorisant la collaboration, le projet Everest permet aux acteurs de l'industrie d'accélérer la transition vers un transport à zéro émission... Everest simplifie la conformité tout en fournissant une base évolutive et interopérable pour l'innovation dans la recharge des véhicules électriques. »²⁸

25 Entretien de Gordon Lum, réalisé par Mike Dover, le 11 juin 2024.

26 Entretien de Gordon Lum, réalisé par Mike Dover, le 11 juin 2024

27 Entretien avec Hudson Hollister, réalisé par Mike Dover, le 11 juin 2024

28 « **Le Bureau conjoint de l'énergie et des transports et la Linux Foundation Energy vont faire progresser l'interopérabilité de la recharge des véhicules électriques avec la plate-forme open source Everest** », Bureau conjoint de l'énergie et des transports, 11 juin 2024

Étude de cas : SPEEDIER

SPEEDIER²⁹ est un programme de réseau intelligent parrainé par Ressources naturelles Canada dans la région de Parry Sound, en Ontario. Il est parrainé par le programme d'infrastructure verte de réseau intelligent de RNCan pour développer des réseaux intelligents afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de générer des avantages économiques, notamment de nouveaux emplois verts. L'objectif du projet est de réduire la consommation d'énergie dans la communauté ainsi que d'accroître l'indépendance énergétique.

Selon le responsable technique Peter Ewald, responsable technique du projet de Lakeland Holding (le consortium principal), « ... nous avons une installation solaire de 500 kilowatts. Nous avons un dispositif de stockage d'énergie par batterie de 1,25 mégawatt. Nous avons également un parc de dispositifs de stockage d'énergie résidentiels et des Powerwalls Tesla. Nous avons également des contrôleurs de réservoir d'eau chaude et des bornes de recharge pour véhicules électriques que nous pouvons également utiliser pour contrôler la demande.

29 SPEEDIER est un acronyme anglais pour une distribution d'énergie intelligente, proactive et activée – de manière intelligente, efficace et réactive.

FIGURE 2
INSTALLATIONS DE SPEEDIER



Source: Marjorie MacDonald, Lakeland Strategies, utilisé avec la permission du détenteur des droits d'auteur.



Un grand nombre de ces ressources énergétiques décentralisées ou RED, des sources de production plus petites situées au sein du réseau, sont de nature renouvelable ou offrent au moins la possibilité de réduire les émissions de gaz à effet de serre. La particularité de SPEEDIER réside dans l'intégration de ces ressources dans un système de gestion de l'énergie de distribution, afin que nous puissions contrôler activement ces ressources pour offrir le plus d'avantages possible au réseau de distribution et à la municipalité locale. »³⁰

Le projet a bénéficié du soutien solide de la communauté de Parry Sound, notamment du conseil municipal et du maire, qui ont défendu les initiatives environnementales et de durabilité. Le projet a également été soutenu par des partenaires tels que le Georgian College et la réserve de biosphère de la baie Georgienne. Cependant, dès le début, il a dû faire face à des défis tels que le verrouillage des fournisseurs et les problèmes de chaîne d'approvisionnement causés par la pandémie de COVID-19. Le projet a rencontré des obstacles réglementaires, tels que les exigences en matière de compteurs de qualité commerciale qui étaient prohibitifs en termes de coûts, ce qui a entravé une participation plus large au marché. Marjorie MacDonald, responsable du processus de projet - équipe d'innovation, Lakeland Holding, a commenté : « La gestion des RED comme les systèmes solaires et à batterie nécessitait une communication transparente entre différents composants logiciels et matériels, souvent entravée par des protocoles propriétaires. »³¹

Scott McCrindle, professeur au Georgian College, partenaire universitaire, a contribué à illustrer l'une des philosophies fondamentales de l'open source en faisant preuve d'un partage généreux des données concernant l'impact environnemental du projet. Il a déclaré : « [...] nous avons travaillé pour quantifier et qualifier les impacts de SPEEDIER sur l'atténuation des gaz à effet de serre. [Nous avons pris] des données sur la consommation d'énergie et avons ensuite extrapolé à partir de ces données la quantité de gaz à effet de serre produite par l'activité. Nous avons également examiné comment ces technologies peuvent être utilisées pour atténuer la quantité de gaz à effet de serre produite lors de l'approvisionnement en services électriques de la région de Parry Sound. »³²

Les responsables du projet ont convenu que la philosophie de la technologie open source a amélioré tous les domaines, y compris la communication, la transparence et la pérennité. Marjorie MacDonald déclare : « Mettre l'accent sur l'adoption de solutions open source peut atténuer les problèmes liés aux logiciels propriétaires et améliorer la durabilité et l'adaptabilité du projet à long terme. »³³ Scott McCrindle est du même avis et ajoute : « Le défi du projet était que le système est un agrégat de matériel et de logiciels propriétaires, connectés à l'aide d'API qui obtiendraient la télémétrie via un certain nombre de protocoles sur un réseau. Ces données sont souvent transmises sous forme de JSON, XML ou dans des formats textuels. Alors que de nombreux fournisseurs de RED proposent des portails basés sur le cloud avec des API qui intègrent probablement une variété de technologies Web open source, l'équipe a reconnu ici qu'un manque de logiciels open source et de normes ouvertes pour les communications et les données a parfois entraîné des obstacles à l'amélioration continue,

30 « SPEEDIER », Bracebridge Power Generation, 12 janvier 2022.

31 Entretien avec Marjorie MacDonald réalisé par Mike Dover, le 14 mai 2024.

32 Entretien avec Scott McCrindle réalisé par Mike Dover, le 24 mai 2024.

33 Entretien avec Marjorie MacDonald réalisé par Mike Dover, le 14 mai 2024.



à l'adaptation et à l'interopérabilité. Ce que le projet a révélé est une opportunité significative pour les logiciels open source et les normes ouvertes d'améliorer les RED, leur organisation et leur intégration dans les systèmes de réseau intelligent. »³⁴ Il ajoute : « L'incorporation d'une plateforme de gestion RED open source pour orchestrer les éléments agrégés du système de réseau intelligent

libérerait l'équipe en éliminant les attentes de mises à jour ou de modifications logicielles du fournisseur. De tels changements sont fréquemment nécessaires car les API RED sont régulièrement mises à niveau par leurs fournisseurs respectifs... ce qui interrompt parfois la connexion et affecte le contrôle des actifs. »³⁵

34 Entretien avec Scott McCrindle réalisé par Mike Dover, le 24 mai 2024.

35 Correspondance électronique entre Scott McCrindle et Mike Dover, 26 juillet 2024.

LEÇONS DU MONDE EN DÉVELOPPEMENT

Lors de l'évaluation des besoins énergétiques du Canada, notamment en ce qui concerne le développement hors réseau, les meilleurs sites de comparaison pour les essais ne sont pas des zones urbaines dont les sources d'énergie sont si fiables que même une courte panne de courant est considérée comme une calamité inacceptable. Certains des développements les plus importants proviennent de régions du monde où les pannes de courant sont fréquentes, voire quotidiennes dans certains cas. L'innovation hors réseau est une priorité absolue, car la Banque mondiale estime que les pertes économiques annuelles causées par le manque d'électricité fiable s'élèvent à plus de 26 milliards de dollars américains. L'Agence internationale de l'énergie estime que d'ici 2030, 660 millions de personnes n'auront pas un accès fiable à l'électricité, dont 85 % vivront en Afrique subsaharienne.³⁶

Selon Luiz Villa, professeur associé à l'Université de Toulouse, les fondations internationales doivent contourner les intérêts particuliers pour assurer un véritable leadership. Il déclare lors d'une table ronde sur l'accélération de l'accès à l'énergie pour les personnes hors réseau : « Nous devons former les gens à la technologie open source. Nous devons contourner l'industrie qui essaie d'enfermer les gens... L'open source est un paradigme de développement à part entière qui doit être approprié et canalisé dans le système éducatif tout autant que dans le domaine. »³⁷

Daniel Komolafe, fondateur de First Electric, une entreprise d'énergie solaire basée à Lagos et développeur du compteur intelligent, décrit l'utilisation de la technologie open source. Il déclare : « Je voulais trouver une solution entre les combustibles fossiles polluants et les solutions solaires

36 Ayobami Adedinni, « [Briser les barrières : comment la technologie open source améliore l'accès à l'énergie au Nigéria](#) », EnAccess, 2019.

37 « [Comment les technologies open source peuvent-elles accélérer l'accès à l'énergie pour les personnes hors réseau ?](#) », WISIONS of Sustainability, 26 février 2019.

LEÇONS DU MONDE EN DÉVELOPPEMENT (SUITE)

coûteuses. Je ne trouvais pas de bon compteur prépayé IoT qui ne soit pas cher. Je voulais trouver un moyen d'investir dans un projet solaire et un compteur avec la capacité de faire des projections – permettant aux clients d'utiliser ce qu'ils savent qu'ils pourront payer, réduisant ainsi leur barrière à l'accès à l'énergie. »³⁸ Bien qu'il ait connu du succès avec ses projets, il pense que la technologie open source reste limitée en raison du manque de sensibilisation et de soutien. En plus de l'éducation, des financements supplémentaires sont nécessaires ainsi qu'un meilleur accès aux composants authentiques essentiels au développement de l'open source. Daniel Komolafe déclare : « Il existe de nombreux systèmes

disparates en Afrique, de sorte que les principaux défis à relever pour créer des systèmes interopérables en Afrique et dans le monde sont principalement la normalisation. »³⁹

Le Canada a beaucoup à apprendre de l'innovation énergétique des pays en développement. L'Arctique compte de nombreuses collectivités hors réseau qui bénéficieraient de systèmes énergétiques innovants.⁴⁰ Étant donné que ces collectivités dépendent du carburant diesel, les solutions non émettrices représentent une amélioration importante, non seulement du point de vue des coûts, mais aussi du point de vue environnemental.

38 Ayobami Adedinni, « [Briser les barrières : comment la technologie open source améliore l'accès à l'énergie au Nigéria](#) », EnAccess, 2019.

39 Entretien avec Daniel Komolafe réalisé par Mike Dover, le 20 mars 2024.

40 Middleton, A. (2023). [Mapping the portrayal of small modular reactors in Canadian Energy Solutions. The Polar Journal](#), 13(2), 264–287.





Recommandations

Pour soutenir l'utilisation de la technologie open source afin d'encourager l'interopérabilité, les recommandations suivantes doivent être suivies.

Soutenir la communauté open source

La collaboration entre les différentes parties prenantes, notamment les organismes de réglementation, les compagnies d'électricité et les fournisseurs, est essentielle pour développer et maintenir les normes d'interopérabilité. La communauté open source peut jouer un rôle central dans cet effort de collaboration en termes d'infrastructure, de compétences et de rassemblement des différentes parties prenantes.

Selon Javad Fattahi, « les agences gouvernementales peuvent jouer un rôle crucial en finançant des subventions pour les programmes de formation, en accordant des subventions pour la recherche et le développement dans les technologies open source et en offrant des incitations pour l'adoption de solutions interopérables. Ces efforts devraient conduire à la création de plateformes collaboratives où les parties prenantes peuvent partager leurs connaissances, leurs expériences et leurs meilleures pratiques. Ces plateformes pourraient inclure des forums sectoriels, des groupes de travail et des communautés en ligne dédiées à l'interopérabilité et aux normes open source. »⁴¹ Le leadership devrait venir d'une agence centrale ; Jow Ortiz déclare : « ... vous voulez qu'une sorte d'organisme de normalisation intervienne et donne des directives. Ainsi, vous n'avez pas à diffuser des centaines de solutions sur mesure dans le système. »⁴²

41 Entretien de Javad Fattahi, réalisé par Mike Dover, le 5 juin 2024.

42 Entretien de Jow Ortiz réalisé par Mike Dover, le 7 mai 2024.

43 Entretien d'Alex Simakov réalisé par Mike Dover, le 5 mai 2024.

Déployer une prise de décision agile dans le secteur public

La législation et la réglementation autour de la technologie souffrent souvent du défi de suivre le rythme de l'innovation. Alex Simokov conseille de ne pas s'enliser dans l'analyse. « Nous devons nous habituer à l'idée d'évoluer à des vitesses différentes »⁴³ ; les parties prenantes doivent pouvoir parler librement des questions liées à l'innovation autour des solutions telles que les réseaux intelligents. Cela correspond aux conclusions du rapport Powering Canada : A Blueprint for Success du Conseil consultatif de l'électricité du Canada. Deux des recommandations étaient « Simplifier la portée des examens des projets d'électricité propre » et « créer un cadre de responsabilisation en matière d'efficacité énergétique ».

Renforcer les capacités grâce à l'éducation

Il existe un besoin croissant de renforcement des capacités parmi les différentes parties prenantes pour comprendre et mettre en œuvre l'interopérabilité et les normes open source. L'éducation est essentielle pour surmonter les idées fausses sur l'open source et démontrer clairement l'analyse de rentabilisation. Les compagnies d'électricité et les organismes de réglementation devraient prendre des mesures proactives pour documenter et partager leurs progrès dans l'adoption de solutions open source, créant ainsi un référentiel de connaissances qui peut profiter à l'ensemble du secteur. Les organismes de réglementation devraient promouvoir la



publication des données et les avancées. Richard Hendriks déplore que la modélisation doive parfois être réalisée avec des données américaines, car c'est tout ce qui est disponible : « Mais nous voulons aussi former la prochaine génération de modélisateurs, mais le Canada dépend fortement des États-Unis en ce qui concerne ce type de modélisation énergétique. »⁴⁴

Travis Lusney suggère d'examiner le travail de l'Independent Electricity System Operator (IESO) en Ontario, qui a mené une analyse approfondie sur l'intégration et la coordination des RED. Le groupe de travail sur le transport et la distribution de l'IESO a produit des documents et des analyses précieux sur ces sujets. En outre, dit-il, « il est important que les premiers à adopter de nouvelles technologies et normes documentent et partagent leurs expériences. Cette innovation peut aider les autres à éviter de réinventer la roue et à faciliter l'adoption et la mise en œuvre de solutions interopérables. »⁴⁵ Un exemple canadien de partage des données est la Green Button Alliance, un groupe à but non lucratif qui soutient la création, la conformité et l'utilisation de la norme Green Button dans l'industrie. Cette norme offre un moyen simple et sécurisé d'accéder aux données sur la consommation d'énergie et d'eau et de les partager. Les solutions Green Button aident les clients à gérer leur consommation et leurs coûts de manière numérique, à répondre aux exigences de déclaration et à contribuer aux efforts de décarbonisation. Ces efforts concordent avec la recommandation du Conseil consultatif canadien de l'électricité de « favoriser l'ouverture et la transparence des données, ainsi que de la modélisation ».

Des groupes industriels comme l'Association canadienne de l'électricité (ACE) pourraient plaider en faveur de l'adoption de normes d'interopérabilité open source. Ils peuvent fournir une plateforme de collaboration et de partage des connaissances entre les compagnies d'électricité, les équipementiers et les autres intervenants. Ces groupes peuvent contribuer à favoriser le consensus et l'harmonisation sur les normes à adopter et à garantir que l'industrie évolue dans une direction coordonnée..

— JAVAD FATTAHI, PROFESSEUR, UNIVERSITÉ D'OTTAWA

44 Entretien avec Richard Hendriks réalisé par Mike Dover, le 20 mars 2024.

45 Entretien de Travis Lusney réalisé par Mike Dover, le 17 mai 2024.



Soutien réglementaire

Le gouvernement ou les organismes de réglementation devraient fournir des orientations et faire respecter les normes afin d'éviter un paysage fragmenté de solutions sur mesure, garantissant ainsi des systèmes cohérents et interopérables. Travis Lusney estime qu'un système unifié à travers le Canada est essentiel pour améliorer la communication, affirmant : « L'absence d'un système unifié de partage d'informations énergétiques essentielles au Canada est une lacune importante, que les organismes de réglementation devraient combler pour améliorer la transparence et l'interopérabilité des données. »⁴⁶ Jow Ortiz commente : « Je pense que la participation aux groupes de normalisation est la clé. Je pense que c'est la clé depuis longtemps... s'engager dans les normes canadiennes, ou IEEE. Je pense que la difficulté... c'est que lorsque je vais travailler au Mexique, ils peuvent faire quelque chose dans une norme IEEE. Mais ensuite, lorsque je vais de l'autre côté de la frontière, ils peuvent utiliser une norme européenne. »⁴⁷

Javad Fattahi déclare : « Ressources naturelles Canada (RNCan), les organismes de réglementation provinciaux comme la Commission de l'énergie de l'Ontario (CEO) et l'Alberta Utilities Commission (AUC), ainsi que des organismes professionnels comme Engineers and Geoscientists BC (EGBC) et Professional Engineers Ontario (PEO) peuvent jouer un rôle important dans la promotion et l'application de ces normes. Ces entités peuvent contribuer à établir des cadres et des règlements qui imposent l'interopérabilité. L'Association canadienne de normalisation (CSA) et la North American Electric Reliability Corporation (NERC) pourraient élaborer et maintenir des normes d'interopérabilité en collaboration avec les intervenants de l'industrie. Elles s'assurent que ces normes sont robustes et répondent aux

exigences techniques et de sécurité du secteur de l'énergie. Des groupes industriels comme l'Association canadienne de l'électricité (ACE) pourraient plaider en faveur de l'adoption de normes d'interopérabilité open source. Ils peuvent fournir une plateforme de collaboration et de partage des connaissances entre les compagnies d'électricité, les équipementiers et les autres intervenants. Ces groupes peuvent contribuer à favoriser le consensus et l'harmonisation sur les normes à adopter et à garantir que l'industrie évolue dans une direction coordonnée. » Cela correspond à la recommandation du Conseil consultatif de l'électricité du Canada de « conclure des ententes d'équivalence pour limiter les doublons avec les provinces ».⁴⁸

Créer un comité directeur

Pour combler ces lacunes et promouvoir l'adoption de technologies open source, un comité directeur devrait être créé. Ce comité aurait pour tâche de dialoguer avec les parties prenantes pour leur expliquer les avantages de participer à des projets open source. Les projets et financements soutenus par le gouvernement pourraient jouer un rôle crucial dans cet effort, en soutenant l'amélioration de l'infrastructure de distribution d'électricité par le biais de contributions aux initiatives open source. Ce processus serait similaire au processus géré par l'EPRI (Electric Power Research Institute) aux États-Unis.

46 Entretien de Travis Lusney réalisé par Mike Dover, le 17 mai 2024.

47 Entretien de Jow Ortiz réalisé par Mike Dover, le 7 mai 2024.

48 Entretien de Javad Fattahi, réalisé par Mike Dover, le 5 juin 2024.



Scott McCrindle déclare : « nous devons avoir des consortiums et des groupes de différentes parties prenantes de tous les aspects de l'industrie. Les secteurs verticaux qui sont impliqués dans ce domaine et nous devons tous nous asseoir autour de la table régulièrement et commencer à collecter toutes ces normes.»⁴⁹

Richard Hendriks, directeur chez Camerado Energy Consulting Inc., suggère que l'élimination des obstacles à l'accès aux données et l'harmonisation des normes sont essentielles pour la modernisation du réseau. Les efforts de collaboration à l'échelle nationale, menés par des organisations comme l'Energy Modelling Hub (EMH) et les associations industrielles, sont essentiels pour combler les lacunes en matière de communication et répondre aux besoins d'information.

Investir dans une technologie à l'épreuve du futur

Pour garantir l'interopérabilité face à l'évolution des paysages énergétiques, la technologie du « grid » doit être à l'épreuve du futur. Cela implique d'anticiper les besoins futurs et de déployer des systèmes capables de s'adapter aux exigences changeantes, comme la prise en charge de la production décentralisée et des flux d'énergie bidirectionnels. Marco Möller estime que « l'utilisation d'un protocole ouvert et d'une source ouverte sur l'actif lui-même évite une situation où il est impossible de mettre à jour le logiciel en raison d'un verrouillage du fournisseur ». Un bon exemple de cela est venu lorsque la société belge de recharge de voitures Powerdale a fait faillite, ses utilisateurs n'ont pas pu mettre à jour leurs applications, les laissant dans une situation où ils ne pouvaient pas charger leurs véhicules électriques. Möller souligne cependant que « les protocoles ouverts peuvent permettre aux nuages tiers de prendre en

charge les actifs, même si le fabricant est en faillite. De plus, une BASE DE CODE open source permet à d'autres entreprises de maintenir le logiciel dans le chargeur en cas de disparition du fabricant, ce qui garantit la disponibilité à long terme des actifs ». Hilary Carter, vice-présidente principale de la recherche à la Linux Foundation, déclare : « Je pense qu'une partie de la pérennité consiste à être au centre de gravité de l'endroit où se produisent les perturbations, les innovations et l'évolution d'une pile donnée ou du rôle de l'IA ou de tout autre élément. Le secteur de l'énergie doit être à l'avant-garde du changement technologique, quelque soit le forum qui peut avoir lieu. La meilleure façon d'anticiper les besoins futurs est de s'implanter et d'être présent dans des espaces/communautés qui vivent et respirent l'innovation et la transformation émergentes. »⁵⁰

49 Entretien avec Scott McCrindle réalisé par Mike Dover, le 24 mai 2024.

50 Interview of Marco Möller conducted by Mike Dover, April 25, 2024.



Conclusion

L'intégration de la technologie open source au sein du secteur de l'énergie représente une opportunité transformatrice pour atteindre les Objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies, en particulier dans le cadre de la lutte contre le changement climatique. L'adoption à grande échelle de solutions numériques et open source peut entraîner des avancées significatives en matière d'efficacité, de fiabilité et de durabilité, offrant une voie vers des systèmes énergétiques plus agiles et à l'épreuve du temps. Comme le démontrent des initiatives telles que SPEEDIER, les plateformes open source permettent de réduire les coûts, d'améliorer le partage des données et renforcer l'interopérabilité, favorisant ainsi l'innovation et soutenant la transition mondiale vers une énergie plus propre.

Pour tirer pleinement parti de ces avantages, il est important de surmonter les obstacles existants tels que les disparités réglementaires, le manque de normalisation et les risques perçus associés à l'adoption de l'open source. Les efforts de collaboration entre les agences gouvernementales, les organismes de réglementation, les compagnies d'électricité et la communauté open source sont essentiels pour établir des normes solides, promouvoir l'éducation et le renforcement des capacités et favoriser un environnement réglementaire favorable. En investissant dans des technologies à l'épreuve du temps et en garantissant une amélioration et une collaboration continues, le secteur de l'énergie peut bénéficier des solutions open source, faire avancer le programme de développement durable et ouvrir la voie à un écosystème énergétique mondial plus résilient et plus efficace.



Méthodologie

Cette étude qualitative a été menée entre novembre 2023 et août 2024. L'auteur a construit et révisé par des pairs un guide d'entretien. Les personnes interrogées ont été contactées par l'intermédiaire des employés de la Linux Foundation et des réunions virtuelles individuelles ont été programmées entre l'auteur et les participants. Les résultats des entretiens ont été rédigés parallèlement aux données secondaires trouvées dans des ressources externes. La version complète a été évaluée par des pairs de la Linux Foundation et des employés de RNCAN.

Liste des personnes interrogées

- Javad Fattahi, professeur, Université d'Ottawa
- Richard Hendricks, directeur chez Camerado Energy Consulting Inc.
- Hudson Hollister, cofondateur et PDG, HData.
- Daniel Komolafe, First Energy, directeur commercial principal, GE Power
- Gordon Lum, directeur technique, Kitu Systems, Inc. et vice-président du groupe de travail sur la norme IEEE 2030.5
- Travis Lusney, directeur, Power Systems chez Power Advisory LLC
- Marjorie MacDonald, responsable du processus de projet - Lakeland Solutions
- Scott McCrindle, chercheur universitaire, Georgian College
- Marco Möller, PDG, Pionix
- Robbie Morrison, OpenMod
- Ian Palm, associé, Fasken
- Kevin Palmer-Wilson, responsable de l'analyse énergétique chez Othersphere
- Max Parzen, PDG, Open Energy Transition
- Jow Ortiz, directeur général, Ubicquia, Inc.
- Alex Simakov, directeur des affaires externes, Energy Storage Canada
- David Trafela, ingénieur logiciel, Sunesis
- Christophe Villemer, vice-président exécutif/directeur général, Savior-Faire Linux



Bibliographie sélective

L'opportunité Open Source pour les microréseaux Cinq façons de conduire Innovation et dépassement des obstacles du marché pour la résilience énergétique, *The Linux Foundation*, juin 2023.

Prévisions du marché des micro-réseaux d'énergie propre Prévisions mondiales de déploiement des micro-réseaux d'énergie propre : 2022-2031, *Guidehouse Insights*, T2 2022.

Optimisation de l'état des RED pour aider à alimenter l'innovation, Hudson Hollister, *Forbes*, 4 janvier 2024.

Powering Canada : A Blueprint for Success, Conseil consultatif canadien sur l'électricité, mai 2024.

Multi-Agent OpenDSS, une plateforme de réseau de distribution open source et évolutive, rédigée par Ying Xu, Inalvis Alvarez-Fernandez, Zhihua Qu et Wei Sun, *IEEE Smartgrids*, mai 2021.

Modèle de profil d'interopérabilité des ressources énergétiques distribuées, Smart Electric Power Alliance, novembre 2023.

Découvrez le profil d'énergie intelligente IEEE 2030.5, Gordon Lum, *Supergen Energy Networks Hub*, 3 septembre 2020.

IEEE 2030.5 Uncovered: Navigating Challenges and Opportunities, *Codibly*, 7 décembre 2023.

Boîte à outils d'interopérabilité open source pour l'intégration du stockage d'énergie distribué et d'autres ressources de flexibilité : Projet InterSTORE, David Trafela, Sunesis et Nikolaj Candellari, *The Linux Foundation*, 12 juillet 2023.

Cartographie de la représentation des petits réacteurs modulaires dans les solutions énergétiques canadiennes, Alexandra, Middleton, *The Polar Journal*, 21 novembre 2023.

Transformer le paysage énergétique avec CSIP-AUS, CSIP et IEEE 2030.5, Goran Stankovski, *Limepoint*, 8 novembre 2023.

Le parcours de modernisation du réseau de Southern California Edison, Brenden Russell, architecte en chef des systèmes de gestion du réseau, Southern California Edison et Avnaesh Jayantilal, directeur produit ADMS - Grid Software, *GE Digital*, 26 janvier 2021.

Open Source pour la durabilité, Kirsten D. Sandberg, *Linux Foundation*, septembre 2023.

Ouvrir la voie à la lutte contre le changement climatique Comment deux compagnies d'électricité ont adopté l'open source pour accélérer la modernisation du réseau électrique, Shuli Goodman, *Linux Foundation*, mars 2022.

Étude sur la préparation à la transformation énergétique 2023, Adrienn Lawson et Marco Gerosa, *The Linux Foundation*, juin 2023.

Demande d'informations : réglementations et modernisation du réseau, Innovation and Electricity Regulation Initiative (IERI), 28 novembre 2023.

Focusing Open Source on Security, Not Ideology, Matt Asay, *InfoWorld*, 22 juillet 2024.



Remerciements

L'auteur remercie toutes les personnes interrogées pour le temps et l'expertise nécessaires à l'élaboration de ce rapport de recherche. Il tient également à remercier Eldrich Rebello, Mathieu St-Amour, Alex Thornton, Dan Brown, Anna Hermansen et Hilary Carter pour leurs conseils et leurs commentaires tout au long du projet, ainsi que Moïse Kamgoué Kameni pour son travail éditorial sur la traduction française, et l'équipe créative de la Linux Foundation pour la production du rapport.

À propos de l'auteur

Mike Dover est l'auteur de *Dante's Infinite Monkeys: Technology Meets the 7 Deadly Sins* et le co-auteur de *Wikibrands: Reinventing Your Company in a Customer-Driven Marketplace*. Il enseigne à la Schulich School of Business de l'Université York et à la Longo Faculty of Business du Humber College. Dans ce dernier, il est responsable de l'analyse de l'équipe masculine de baseball universitaire.



Fondée en 2021, **Linux Foundation Research** explore l'ampleur croissante de la collaboration open source, fournissant un aperçu des tendances technologiques émergentes, des meilleures pratiques et de l'impact mondial des projets open source. En tirant parti des bases de données et des réseaux de projets et en s'engageant envers les meilleures pratiques en matière de méthodologies quantitatives et qualitatives, Linux Foundation Research crée la bibliothèque incontournable d'informations open source au profit des organisations du monde entier.

 x.com/linuxfoundation

 facebook.com/TheLinuxFoundation

 linkedin.com/company/the-linux-foundation

 youtube.com/user/TheLinuxFoundation

 github.com/LF-Engineering



Droits d'auteur 2024 **The Linux Foundation**

Ce rapport est sous licence **Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International Public License**.

Pour faire référence à ce travail, veuillez citer ce qui suit : Mike Dover, « Open Source et interopérabilité dans le secteur de l'énergie : opportunités pour les acteurs du secteur de l'énergie au Canada », The Linux Foundation, août 2024.