



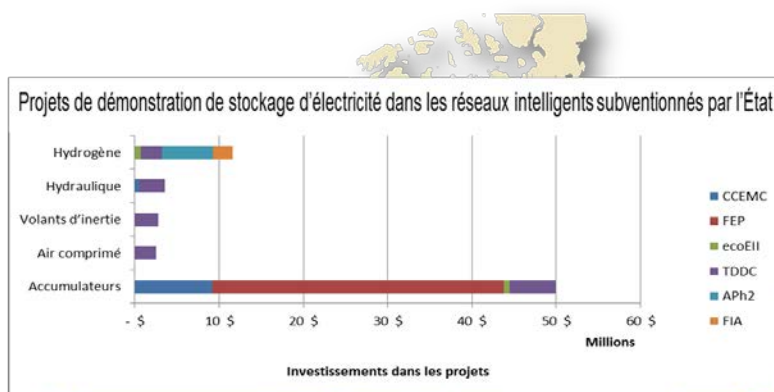
## Résumé de recherche de CanmetÉNERGIE : Intégration des technologies de stockage d'électricité dans les systèmes de distribution des réseaux intelligents

### INTRODUCTION

Considérées par plusieurs au sein de l'industrie comme étant le « Saint-Graal » permettant l'établissement de réseaux électriques durables, les technologies de stockage décentralisé ont beaucoup retenu l'attention et stimulé les investissements au cours de la dernière décennie. Au cours de cette période, CanmetÉNERGIE a fait le suivi de plus de 70 millions de dollars sur une valeur de plus de 179 millions de dollars en projets de démonstration et d'essai de projets de stockage partout au pays financés par divers fonds fédéraux et provinciaux. Ressources naturelles Canada (RNCCan) a fourni environ 50 p. 100 de ce financement, en plus d'effectuer des recherches sur la conception et les contrôles de la prochaine génération qui intégreront des technologies de stockage pour former des réseaux plus efficaces, plus fiables et plus résistants.

Les technologies de stockage peuvent jouer un rôle de premier plan dans la production d'énergie renouvelable et décentralisée, mais leur effet positif dépend de la façon dont les technologies de stockage sont intégrées à l'ensemble des réseaux et des marchés d'électricité. CanmetÉNERGIE mène des recherches principalement sur deux fronts : (1) l'incidence du stockage sur les frais d'exploitation et la dynamique des marchés; et (2) les meilleurs moyens d'intégrer les technologies de stockage à des réseaux plus intelligents et à réaction plus rapide.

### PROJETS CANADIENS DE DÉMONSTRATION ET D'ESSAI DE STOCKAGE SUBVENTIONNÉS PAR L'ÉTAT



Réseaux intelligents au  
Canada : 2012-2013:  
[www.rncan.gc.ca/reseaux  
-electriques-intelligents-  
canada-201213](http://www.rncan.gc.ca/reseaux-electriques-intelligents-canada-201213)

> 17 projets  
> 70 M\$ investi, valeur des projets : 179 M\$  
(comprend les projets annoncés entre 2004 et 2013; ne comprend pas  
les projets financés par les services publics ni les projets privés)

## MESURER L'INCIDENCE ET MAXIMISER LA VALEUR

La préparation de l'analyse de rentabilisation pour les systèmes de stockage de l'électricité est un réel défi parce qu'ils représentent de nombreuses propositions de valeur possibles parmi les systèmes énergétiques. L'objectif premier de la recherche subventionnée par CanmetÉNERGIE dans ce domaine vise à mesurer l'incidence du stockage sur les réseaux de distribution et les marchés de l'électricité. En offrant de l'énergie et des services énergétiques au réseau et en facilitant la production d'énergie renouvelable et décentralisée, le stockage peut rendre les réseaux électriques plus efficaces, plus fiables et plus résistants – et à moindre coût par rapport à ce qu'il en coûterait avec les technologies et approches classiques pour obtenir la même valeur.

## LES PLUS PETITS RÉSEAUX PEUVENT ÊTRE PLUS INTELLIGENTS, PLUS FORTS ET PLUS RAPIDES

Les chercheurs de CanmetÉNERGIE et leurs partenaires nationaux et internationaux ont mis au point des modèles et planifié des cadres d'application à l'intention des services publics afin de convertir l'infrastructure actuelle descendante et centralisatrice en structures de contrôle automatisées plus souples. Le concept de miniréseau consiste en une zone autonome au sein du vaste réseau de distribution, qui peut fonctionner même lorsque le réseau est en panne pour une longue durée, parfois indéterminée. L'idée étant que la production décentralisée et le contrôle d'un miniréseau peuvent s'avérer une solution gagnante sur toute la ligne, sur le plan du coût pour les clients, de la résistance sociale accrue devant les grandes centrales et du nouveau flux de rentrées puisque les clients vendent de l'énergie au réseau. Ainsi, les services publics peuvent plus facilement investir dans de nouvelles infrastructures, et même en accroître la fiabilité et la résilience.

La résilience, ou la vitesse à laquelle l'électricité est rétablie après une panne, est un aspect qui prend de plus en plus d'importance aux yeux des clients depuis que nous subissons des conditions météorologiques plus extrêmes, comme des tempêtes de verglas, des ouragans et des périodes de chaleur et de froid extrêmes. Le réseau capable d'« autorégénération » a la capacité de réacheminer l'énergie vers les clients touchés et de réduire ainsi la durée de la panne. Les technologies utilisées pour créer ces sections résilientes du réseau ont la capacité de rétablir le courant en reliant les clients au réseau électrique ou à un miniréseau, selon la production locale, les besoins du client et les technologies de stockage disponibles. Les technologies de stockage peuvent aider les nombreuses composantes des réseaux intelligents et des miniréseaux à fonctionner ensemble en vertu de différents modes d'exploitation en assurant l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité.

## LE PARADOXE DU CHOIX

L'autre défi que pose la préparation de l'analyse de rentabilisation des technologies de stockage, c'est qu'il existe d'autres technologies pouvant offrir les mêmes services et la même valeur dans une foule de circonstances qui varient selon le temps et l'endroit. De plus, chaque système de distribution d'électricité possède ses propres caractéristiques, ce qui signifie que même si aucune application de stockage n'est complètement unique, aucune solution de stockage unique ne peut s'appliquer à toutes les situations. Cela représente un réel défi pour les planificateurs de réseaux qui décident du moment et de la façon d'appliquer les technologies de stockage dans leur réseau, sans oublier toutes les autres solutions technologiques offertes. À titre d'exemple, il est possible de recourir à la gestion de la demande, comme le délestage (obtenir de clients l'autorisation de fermer le courant pour certaines charges), et à la production décentralisée pour fournir des services que le stockage peut offrir. Quelles sont les technologies qui offrent la meilleure valeur? Quelles sont les technologies qui coûtent moins cher à l'achat et à l'exploitation? Pour quels services les clients sont-ils prêts à payer et dans quelle mesure cette situation changera-t-elle avec le temps?

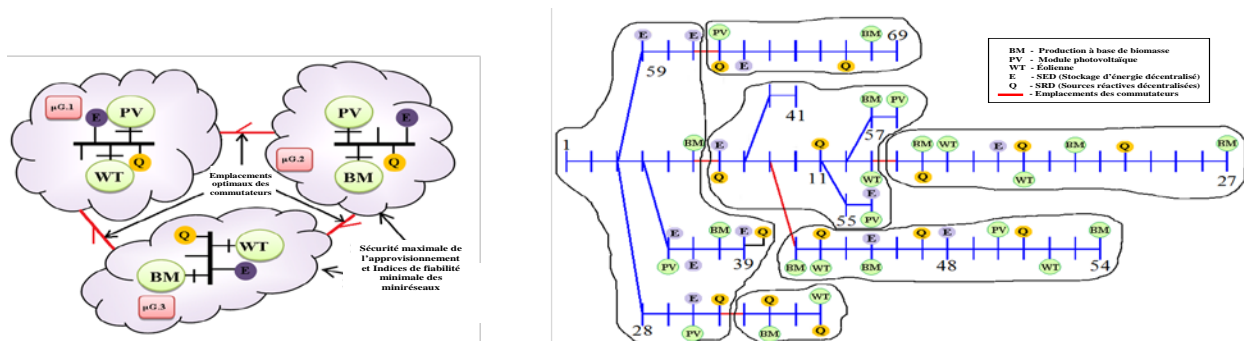
Les chercheurs de l'Université de Waterloo, de CanmetÉNERGIE et de l'Université de Toronto collaborent dans le but de produire des modèles permettant de mesurer l'incidence du stockage sur les marchés de l'électricité[1], la fiabilité du réseau de distribution[2] et la capacité à intégrer davantage la

production d'énergie renouvelable décentralisée[3]. Dès que la valeur offerte par le stockage a été déterminée, le prochain défi consiste à concevoir et à faire fonctionner ces systèmes. Dans le cadre de cette recherche ont été mises au point des méthodes visant à déterminer la taille et l'emplacement appropriés des technologies de stockage afin de tirer le meilleur parti au moindre coût[2], d'établir des guides de planification opérationnelle[4], des stratégies de contrôle[5] et des méthodes visant à affecter les diverses technologies en fonction des différentes conditions[6], [4], [2] pour déterminer la combinaison appropriée des technologies. Voici certaines des conclusions dégagées de la recherche :

- les avantages liés à l'arbitrage peuvent être légèrement supérieurs pour le stockage décentralisé par rapport au stockage centralisé[1];
- le stockage décentralisé peut offrir plus d'avantages lorsque les dispositifs sont jumelés à des artères d'alimentation destinées à des charges résidentielles et commerciales plutôt qu'industrielles[3];
- l'application du stockage à un réseau de distribution peut permettre de réduire davantage les coûts annuels d'un service public par rapport au seul délestage en raison de sa capacité à soutenir l'ilotage des miniréseaux et à diminuer les pannes de courant pour les clients[2].

## RÉVOLUTION ET ÉVOLUTION

Les approches relatives à la conception et à l'exploitation de réseaux décrites ci-dessus représentent un changement majeur dans la façon classique de penser les réseaux électriques d'aujourd'hui. Cependant, bon nombre de ces changements pourront être mis en œuvre par étape au fil des décennies suivantes. Les chercheurs de CanmetÉNERGIE et de l'Université de l'Alberta se sont intéressés à l'usage que pourraient faire les planificateurs et les exploitants de réseaux électriques d'une approche de conception modulaire pour assurer la fiabilité et la résilience des réseaux. Selon l'infrastructure du réseau et les besoins locaux, un réseau avec rétablissement automatisé pourrait devenir un groupe de miniréseaux interreliés capables de fonctionner individuellement durant les pannes. Ces miniréseaux interreliés pourraient aussi fonctionner comme des « miniréseaux virtuels » lorsqu'il n'y a pas de panne, en réglant localement les déséquilibres entre l'offre et la demande, ce qui permettrait aux services publics de réaliser des économies et de réduire la facture énergétique des clients.



Le diagramme ci-dessus est une représentation linéaire d'un réseau de distribution électrique comportant des sources d'énergie décentralisée.

La conception d'une infrastructure et de contrôles permettant d'optimiser l'amélioration de la fiabilité du réseau et la qualité de l'énergie représente tout un défi, et c'est peu dire. Des stratégies de conception[7] - [11], des cadres de planification[7] et des stratégies de fonctionnement[8] ont été mis au point, et d'autres publications sont prévues dans le cadre des travaux de recherche menés actuellement dans la conception de communications pour de tels réseaux. Ces chercheurs ont découvert que l'intégration de la production décentralisée, du stockage décentralisé et de sources réactives décentralisées qui compensent pour les déplacements d'électricité attribuables aux variations dans la production et la consommation des appareils des clients peuvent produire des réseaux électriques solides et rentables. De plus, il semble que de telles conceptions peuvent être mises à l'échelle pour permettre l'augmentation et la baisse de l'offre et de la demande à mesure que les villes et les quartiers se développent.



## LE MEILLEUR USAGE DES INVESTISSEMENTS NÉCESSAIRES

Les services publics canadiens et leurs clients sont confrontés à la nécessité de procéder à des dépenses en immobilisations coûteuses au cours des 10 à 15 prochaines années, puisque la majorité des infrastructures actuelles d'électricité sont sur le point d'atteindre les limites de leur capacité. Parallèlement, l'expansion des marchés de production décentralisée, des véhicules électriques et des appareils intelligents ouvre des débouchés aux clients désirant obtenir une participation et profiter d'un nouveau flux de revenus pour compenser les coûts d'énergie à la hausse. Les chercheurs de CanmetÉNERGIE et leurs partenaires proposent des solutions qui permettent la transition vers un contrôle et une exploitation plus efficaces de production décentralisée, tout en diminuant les coûts liés à l'investissement et en augmentant la fiabilité et la résilience des réseaux.

## LISTE DES PUBLICATIONS

1. Awad, A. S., T. H. M. EL-Fouly et M. M. A. Salama, « Impact of Energy Storage Systems on Electricity Market Equilibrium », *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, article accepté pour publication.
2. Awad, A. S., T. H. M. EL-Fouly et M. M. A. Salama, « Optimal ESS Allocation and Load Shedding for Improving Distribution System Reliability », *IEEE Transactions on Smart Grid*, article accepté pour publication.
3. Graovac, M., Xiaolin Wang et Reza Irvani, « Intégration du stockage dans un système de distribution d'électricité et son effet sur la profondeur de pénétration de la production décentralisée (PD) d'électricité », CanmetÉNERGIE, Ressources naturelles Canada, numéro CTEC 2009-174 / 2009-10-21, 2008.
4. Awad, A. S., T. H. M. EL-Fouly et M. M. A. Salama, « Optimal ESS Allocation for Load Management Application », *IEEE Transactions on Power Systems*, article accepté pour publication.
5. M.E.Nassar, M.M.A. Salama et T.H.M. EL-Fouly, « Application of Flywheel for Active Distribution system », *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR)*, volume 2, numéro 1, janvier 2014.
6. Awad, A. S., T. H. M. EL-Fouly et M. M. A. Salama, « Optimal Distributed Generation Allocation and Load Shedding for Improving Distribution System Reliability », *Electric Power Components and Systems*, volume 42, numéro 6, 2014.
7. A. Arefifar, Y.A-R I. Mohamed et T.H.M. EL-Fouly, « Supply-Adequacy-Based Optimum Construction of Microgrids in Smart Distribution Systems », article publié dans *IEEE Transaction on Smart Grid*, volume 3, numéro 3, p. 1491 à 1502, septembre 2012.
8. S. A. Arefifar, Y.A-R I. Mohamed et T.H.M. EL-Fouly, « Comprehensive Operational Planning Framework for Self-Healing Control Actions in Smart Distribution Grids », *IEEE Transactions on Power Systems*, volume 28, numéro 4, p. 4192 à 4200, novembre 2013.
9. S. A. Arefifar, Y.A-R I. Mohamed et T.H.M. EL-Fouly, « Optimum Microgrid Design for Enhancing Reliability and Supply-Security », *IEEE Transactions on Smart Grid*, volume 4, numéro 3, p. 1567 à 1575, septembre 2013.
10. Arefifar, Seyed Ali; Yasser Abdel-Rady I. Mohamed et Tarek H. M. EL-Fouly, « Optimized Multiple Microgrid-Based Clustering of Active Distribution Systems », article soumis à *IEEE Transactions on Industrial Electronics*.
11. Awad, A. S., T. H. M. EL-Fouly et M. M. A. Salama, « Energy Storage for Microgrids Islanding Operation », 3rd International Conference on Electric Power and Energy Conversion Systems, publié dans les comptes rendus de la conférence, Turquie, 2013.