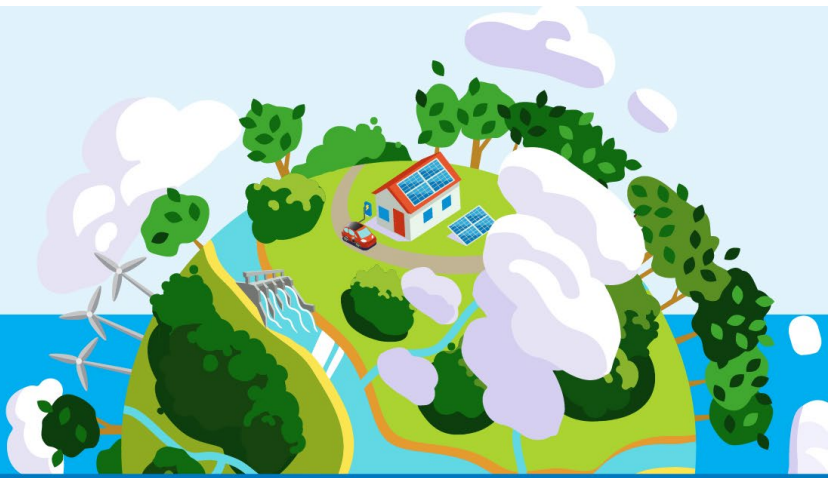


Processus de modélisation

Séance d'information

Un résumé



Introduction

Le présent document vise à expliquer le processus de modélisation du Plan de ressources intégré (PRI). Il donne un résumé des systèmes énergétiques actuels du Manitoba, des intrants du modèle, des ressources disponibles et des extrants du modèle. Il ne fournit pas les résultats de la modélisation.

Durant l'examen du processus de modélisation, il est important de garder à l'esprit que :

- Manitoba Hydro doit assurer un approvisionnement suffisant en énergie sûre et fiable qui répond de façon responsable aux besoins énergétiques en évolution des Manitobains.
- La planification des ressources intégrée est un processus structuré visant à aider Manitoba Hydro à comprendre comment se déroulera l'avenir et à déterminer les étapes nécessaires pour se préparer à la mise en œuvre de divers avenir énergétiques.

Contexte

Manitoba Hydro a organisé un certain nombre d'activités de mobilisation auprès du public et des parties intéressées pour obtenir leurs commentaires. Lors d'ateliers de mobilisation antérieurs au processus de modélisation, nous avons présenté cinq intrants clés et quatre scénarios à prendre en considération dans le PRI.

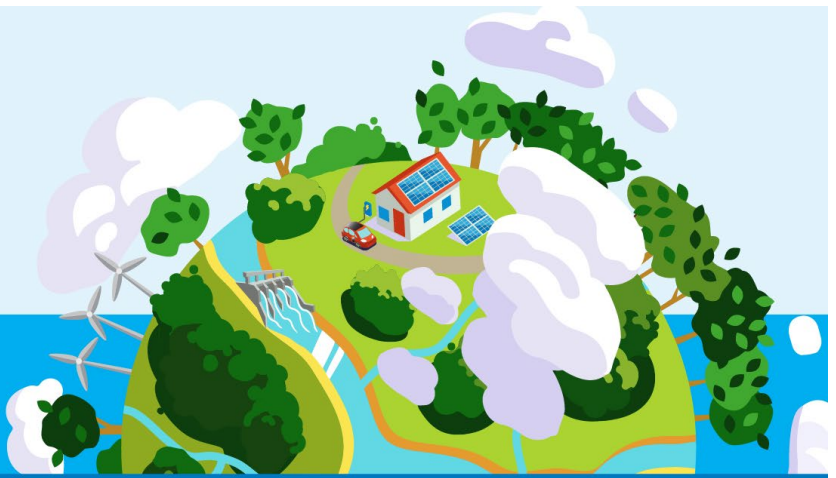
Les intrants clés sont des facteurs qui créeront de l'incertitude dans l'avenir énergétique du Manitoba et qui pourraient entraîner les répercussions les plus importantes sur la forme de la demande énergétique. Les principaux intrants sont la croissance économique, la politique de décarbonisation, les véhicules électriques, les changements concernant le gaz naturel et l'autoproduction par les clients. Lors des ateliers précédents, les participants ont confirmé que ces intrants sont des facteurs déterminants dans la création d'une grande incertitude. Toutefois, plusieurs autres facteurs ont été suggérés aux fins de considération. Nous avons intégré ces suggestions aux cinq principaux intrants ou à d'autres parties de leur modélisation et de leur analyse.

Chacun des principaux intrants remplit un rôle dans l'élaboration des quatre scénarios utilisés dans la modélisation. Ces quatre scénarios portent sur les répercussions des différents niveaux de changement sur chacun des cinq principaux intrants au fil du temps. Lors des ateliers précédents, les participants ont

Processus de modélisation

Séance d'information

Un résumé



généralement convenu que les scénarios balisaient adéquatement le taux de changement possible, dans la mesure où le scénario 4 ne reflétait une voie vers l'atteinte d'aucune émission nette de gaz à effet de serre (GES). Nous avons utilisé cette rétroaction pour nous assurer que le scénario 4 représentait effectivement une telle voie. Comme nous le verrons ci-dessous, les principaux intrants et scénarios alimentent le modèle qui aide Manitoba Hydro à étudier d'éventuels avenir énergétiques.

Consommation d'énergie au Manitoba

Actuellement, la consommation d'énergie au Manitoba est dominée par trois types d'énergie : l'électricité, le gaz naturel et les produits pétroliers raffinés. Manitoba Hydro contribue à un peu plus de la moitié de toute l'énergie utilisée sous forme de gaz naturel (28 %) et d'électricité (24 %). Bien que les produits pétroliers raffinés, généralement utilisés pour alimenter les véhicules en carburant, représentent presque tout le reste de l'énergie utilisée (44 %)¹. La décarbonisation est l'une des principales forces déterminantes de l'évolution du paysage énergétique. Si l'électrification est utilisée pour décarboniser les carburants de transport et le gaz naturel, cela entraînerait une augmentation considérable de la consommation d'électricité.

Les émissions de GES du Manitoba proviennent de trois principales sources : le transport (40 %), la combustion stationnaire (19 % – principalement le chauffage des bâtiments et industriel) et d'autres sources (41 % – principalement l'agriculture)². Les choix énergétiques futurs peuvent avoir une incidence directe sur le transport et la combustion stationnaire, mais pas sur la catégorie "autres sources".

La demande en énergie n'est pas constante. La demande d'électricité et de gaz naturel varie considérablement d'une saison à l'autre, et est plus forte en hiver (janvier et février). La demande d'électricité subit aussi des variations quotidiennes – jusqu'à 30 % en une seule journée. La demande de pointe en gaz naturel du Manitoba est beaucoup plus élevée que sa demande de pointe d'électricité. L'électrification de cette demande de pointe de gaz naturel pourrait avoir une incidence importante sur la demande globale d'électricité au Manitoba. Pour remplacer entièrement le gaz naturel, Manitoba Hydro devrait plus que doubler la taille de son réseau électrique actuel.

Manitoba Hydro a comme rôle de fournir de l'électricité et du gaz naturel fiables à un coût le plus bas possible. Notre réseau de production comprend 16 centrales hydroélectriques, une centrale alimentée

Disponible en formats substituts sur demande.

Processus de modélisation

Séance d'information

Un résumé



au gaz naturel et deux parcs éoliens. En moyenne, plus de 99 % de l'énergie produite au Manitoba est renouvelable dont 97 % proviennent de l'énergie hydroélectrique et 2 % de la production éolienne. Bien que Manitoba Hydro possède une centrale alimentée au gaz naturel à Brandon, celle-ci a comme rôle principal de servir les clients pendant les périodes où la demande est la plus élevée seulement. Elle fournit également de l'énergie en cas de sécheresse extrême lorsque la production d'hydroélectricité est considérablement réduite. Un autre élément clé du réseau de Manitoba Hydro est de grands réservoirs qui permettent de stocker l'énergie pour utilisation ultérieure. Chacune de ces ressources de production existantes et de grands réservoirs est incluse dans le modèle afin de simuler notre système existant.

Le réseau de Manitoba Hydro interagit également avec les réseaux d'électricité voisins en Saskatchewan, en Ontario et aux États-Unis. Ces interconnexions jouent un rôle important dans notre réseau à prédominance hydroélectrique : faciliter l'exportation de surplus d'électricité vers les marchés extérieurs, fournir une importante source de revenus, permettre l'importation d'énergie lorsque les niveaux d'eau sont bas pour assurer la fiabilité et fournir un moyen de gérer les problèmes de fiabilité à court terme en cas de pannes imprévues.

Critères de planification et autres contraintes du modèle

L'objectif de ce processus de modélisation est de simuler le réseau électrique afin d'explorer la meilleure façon de répondre aux besoins énergétiques futurs de nos clients dans divers scénarios. Avant d'envisager l'avenir, Manitoba Hydro doit aussi tenir compte des contraintes qui auront des répercussions sur le fonctionnement du modèle. Voici quelques termes clés pour mieux comprendre comment nous planifions notre système d'alimentation électrique.

- **Capacité** : quantité maximale d'électricité pouvant être produite par les générateurs à un moment donné, mesurée en mégawatts. Pour mieux comprendre ces termes, utilisons le transport collectif comme analogie. Dans ce cas, c'est le nombre **maximal** de personnes qui peuvent monter dans l'autobus en tout temps, limité par le nombre de sièges dans chaque autobus. Donc, dans cet exemple, 5 autobus avec 20 sièges signifient que vous avez une capacité de 100 passagers.

Processus de modélisation

Séance d'information

Un résumé



- **Énergie** : correspond à ce qui est fabriqué et utilisé *pendant une période donnée*. Donc, la quantité d'électricité produite tout au long d'une période de 24 heures, par exemple. Si nous considérons l'analogie de l'autobus, cela représente le **nombre** de personnes transportées en une journée à l'aide des 5 autobus. Donc, pendant une journée complète, vous pourriez transporter 1 000 passagers.
- **Demande de pointe** : Moment précis de la journée qui exige le plus d'énergie. Pour le Manitoba, cela survient pendant les mois d'hiver où des clients chauffent leurs maisons et leurs commerces à l'électricité. Revenons à l'exemple de l'autobus, la demande de pointe est le nombre **le plus élevé** de passagers à un moment donné de la journée. Dans cet exemple, vous voyez un achalandage maximal de 75 personnes pendant l'heure de pointe du matin.

Le modèle doit tenir compte de tous ces facteurs pour concevoir des futurs possibles.

Les critères de planification d'Hydro Manitoba ci-dessous garantissent un approvisionnement énergétique suffisant pendant la pire sécheresse jamais enregistrée et une capacité suffisante pour répondre à la demande de pointe. Ces critères de planification sont inclus dans le modèle pour déterminer quand et combien de nouvelles ressources d'approvisionnement sont nécessaires pour répondre à la demande dans chaque scénario :

- **Énergie fiable**. Comme une grande quantité de l'électricité du Manitoba provient de l'hydroélectricité, le débit d'eau est un élément essentiel. L'énergie fiable correspond à la production combinée d'énergie par l'hydroélectricité pendant la pire sécheresse jamais enregistrée, les installations éoliennes, le gaz naturel et l'énergie importée.
- **Capacité**. Le réseau doit être planifié de manière à ce que la capacité de production soit suffisante pour satisfaire à la charge de pointe du Manitoba et à toute obligation contractuelle d'exportation. De plus, les générateurs tombent en panne de temps à autre, et nous sommes confrontés à des phénomènes météorologiques extrêmes. Une marge de réserve est donc utilisée pour augmenter la capacité requise pour que nous soyons prêts à faire face à de tels événements. Manitoba Hydro planifie de manière à ce que la capacité de production dépasse le total des mesures suivantes : Charge de pointe du Manitoba + marge de réserve + obligations liées à la capacité d'exportation.

Manitoba Hydro doit également tenir compte des réseaux de transport et de distribution utilisés pour acheminer l'électricité des ressources de production aux clients. Lors de la planification des réseaux de

Processus de modélisation

Séance d'information

Un résumé



transport et de distribution, elle doit éviter de surcharger le réseau et minimiser les interruptions pour les clients. Ces coûts sont inclus dans l'extrant final de la modélisation lors du calcul du coût total de chaque scénario.

Options en matière de ressources

Le modèle tient compte de diverses nouvelles options en matière de ressources pour répondre à la demande croissante, notamment :

- Nouvelle production d'hydroélectricité
- Modernisation du système hydroélectrique existant
- Éolienne
- Solaire
- Efficacité énergétique
- Stockage de batterie
- Turbine à vapeur alimentée à la biomasse
- Turbine à combustion alimentée au gaz naturel
- Turbine à combustion alimentée au gaz naturel avec captage de carbone
- Turbine à combustion alimentée à l'hydrogène
- Achats sur le marché (importations)
- Petits réacteurs nucléaires modulaires

Pour chacune des options de production de ressources, le modèle tient compte des caractéristiques qui définiront son fonctionnement dans le réseau d'approvisionnement en énergie. Ces caractéristiques comprennent :

- la capacité nominale, soit la puissance maximale que le générateur peut produire;
- la capacité ferme, c'est-à-dire la puissance sur laquelle on peut compter en période de pointe;
- les paramètres de fonctionnement et l'énergie fiable;
- les délais de développement, c'est-à-dire le temps minimal requis pour mettre en service et exploiter une nouvelle ressource;
- les coûts en capital et les coûts d'exploitation;

Disponible en formats substituts sur demande.

Processus de modélisation

Séance d'information

Un résumé



- les coûts du combustible;
- les émissions de GES.

Le modèle tient compte de chacune de ces caractéristiques et des compromis entre les différentes options de ressources.

Efficacité énergétique

Comme il est mentionné ci-dessus, l'efficacité énergétique est incluse comme option de ressources pour réduire la charge et peut contribuer à retarder le besoin en nouvelles ressources et à réduire la quantité totale de nouvelles ressources.

Nous collaborons avec Efficacité Manitoba et utilisons les prévisions d'économie d'énergie d'Efficacité Manitoba. L'efficacité énergétique est prise en compte dans l'évaluation de deux façons différentes. La première est que certaines économies d'efficacité énergétique sont considérées comme étant réalisées et sont incluses dans la projection de charge de chaque scénario fondée sur une projection du plan d'économie d'énergie d'Efficacité Manitoba. Cela permet de réduire la charge pour chaque scénario.

Deuxièmement, une étude du potentiel de marché a déterminé qu'il était possible d'accroître l'efficacité énergétique. Ce potentiel d'efficacité énergétique supplémentaire est inclus dans le modèle et est pris en compte sur un pied d'égalité avec d'autres options d'approvisionnement. L'inclusion de cette option permet de choisir des économies d'énergie supplémentaires pour répondre aux besoins énergétiques futurs.

Prix de l'énergie

Les interconnexions permettent à Manitoba Hydro d'importer et d'exporter de l'énergie électrique. Lors des simulations tenant compte de ces éléments, il est important que le modèle calcule les revenus et les coûts connexes en fonction des projections de prix.

Disponible en formats substituts sur demande.

Processus de modélisation Séance d'information

Un résumé



Nous avons acheté des projections de prix pour l'électricité auprès de prévisionnistes indépendants. Ces projections de prix servent à simuler les revenus provenant des exportations et le coût des importations. De même, nous avons acheté des projections de prix pour le gaz naturel. Le modèle utilise cette information pour calculer le coût d'exploitation des turbines à combustion alimentées au gaz naturel pour le système existant et pour les ajouts au système.

Un autre coût d'exploitation des turbines à combustion alimentées au gaz naturel est associé à leurs émissions de gaz à effet de serre. Des redevances doivent être versées au gouvernement fédéral pour les émissions en fonction de la quantité de carburant brûlé. Si ce type de génération n'est pas utilisé très souvent, il produit très peu d'émissions, et son coût est faible.

Principaux intrants et scénarios

Comme il a été mentionné, Manitoba Hydro a reçu des commentaires des parties intéressées sur les principaux intrants et scénarios. Ils sont utilisés par le modèle pour générer d'éventuels futurs énergétiques. Aux fins de la modélisation, des valeurs particulières sont associées à chacun de ces intrants clés dans chacun des scénarios afin de tenir compte du changement au fil du temps. Par exemple, pour l'intrant principal des véhicules électriques (VE), dans le scénario 1, la plus faible utilisation des véhicules électriques (p. ex., voitures, camions, autobus) au cours des 20 prochaines années serait prise en compte, tandis que le scénario 4 utiliserait la plus forte utilisation. Pour chaque scénario, des projections de charge sont générées et prises en compte par le modèle pour évaluer de nouvelles ressources afin de répondre à la demande croissante.

En plus des quatre scénarios, Manitoba Hydro effectue également une analyse de sensibilité, ou analyse "d'hypothèses", pour comprendre comment les intrants ou les contraintes individuels influent sur les extrants du modèle. Cette modélisation d'hypothèses nous permet d'introduire des contraintes et d'autres interventions, comme encourager les clients à recharger leur véhicule électrique à une heure précise de la journée.

Processus de modélisation

Séance d'information

Un résumé

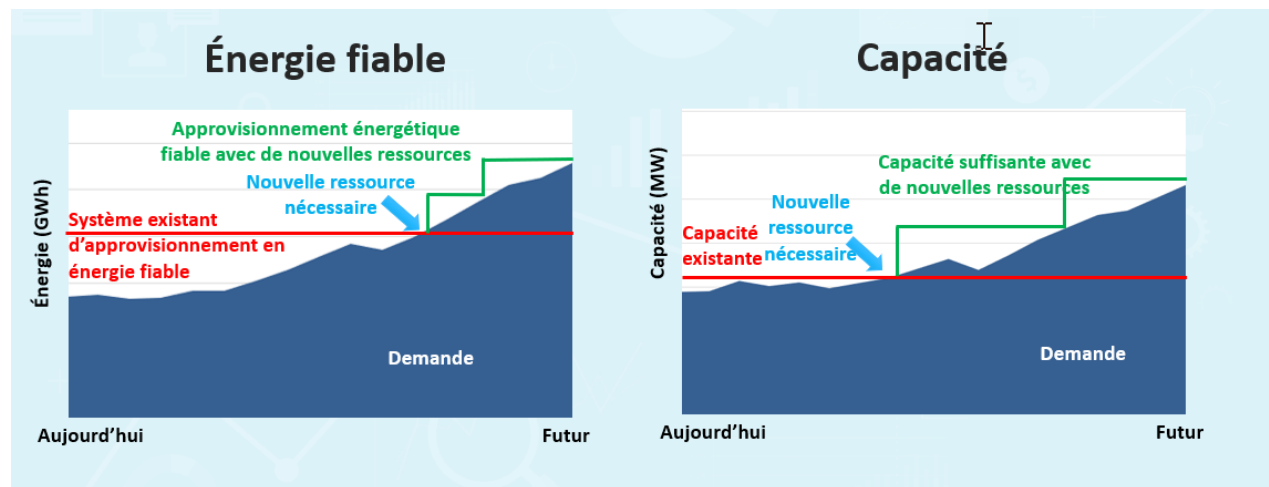


Outil de modélisation

La modélisation des réseaux hydroélectriques est compliquée. Manitoba Hydro utilise donc un logiciel de modélisation spécialisé. Ce logiciel, utilisé dans le monde entier dans plus de 60 pays, a été acheté auprès d'une entreprise brésilienne nommée PSR.

Le logiciel que nous utilisons comprend des outils pour la modélisation des coûts de production et la modélisation de la planification de l'expansion. Ces modèles sont intégrés et fonctionnent ensemble pour simuler chacun des scénarios afin de s'assurer que l'offre répond à la demande au moindre coût.

Déterminer à quel moment on a besoin d'énergie et de capacité



L'un des principaux objectifs de l'outil de modélisation est d'établir un portefeuille d'options de ressources pour chaque scénario lorsque la demande dépasse l'énergie disponible ou la capacité existante, comme le montrent les graphiques suivants.

Comme il est indiqué ci-dessus, les lignes rouges indiquent la quantité d'énergie fiable et la capacité ferme qui sont disponibles dans le réseau d'approvisionnement existant de Manitoba Hydro. Cela comprend toutes les sources d'énergie hydroélectrique, éolienne, de gaz naturel et d'importation. **L'énergie** est illustrée à gauche et **la capacité** à droite. Les graphiques montrent également la demande

Disponible en formats substituts sur demande.

Processus de modélisation

Séance d'information

Un résumé



future qui comprend la charge du Manitoba, les contrats d'exportation et la marge de réserve dans le tableau de capacité.

L'intersection des deux lignes (l'offre et la demande) détermine quand une nouvelle offre est nécessaire pour l'énergie ou la capacité. La zone au-dessus de la ligne rouge représente la demande à laquelle le modèle tente de répondre en ajoutant de nouvelles ressources. C'est à ce moment que le modèle ajoutera de nouvelles ressources, ce qui peut être fait à différents moments pour l'énergie ou la capacité. Le modèle passe par plusieurs itérations pour établir un portefeuille de ressources permettant de répondre à la demande.

Optimisation du modèle

Une fois que le modèle a tous les intrants, il suit une série d'étapes pour élaborer une solution optimisée.

Étape 1. Le modèle détermine d'abord quand et combien de nouvelles ressources sont nécessaires pour satisfaire aux critères de planification de l'énergie et de la capacité.

Étape 2. Le modèle choisit les ressources pour répondre à la demande en énergie et en capacité en fonction des critères de planification.

Étape 3. Le modèle simule l'exploitation du réseau hydroélectrique du Manitoba au cours des 20 prochaines années en utilisant plus de 100 années de données sur le débit entrant pour représenter les futures conditions hydrologiques. Cette simulation prend en compte les centrales existantes, l'énergie importée et exportée ainsi que les nouvelles ressources.

Étape 4. Le modèle calcule le **coût net du système**, qui est la somme de tous les coûts en capital, des coûts d'exploitation, des revenus d'exportation et des coûts d'importation.

Étape 5. Le modèle évalue ensuite si le coût net du système peut être réduit au moyen de différentes options de ressources. Si le coût peut être réduit, le processus se poursuit. Le modèle poursuivra ce processus d'optimisation tant qu'il n'aura pas déterminé un portefeuille de ressources permettant de réduire au minimum le coût net du système.

Processus de modélisation

Séance d'information

Un résumé



Chaque simulation de modèle utilise des ordinateurs de grande puissance et peut prendre plusieurs heures. Ensuite, il faut consacrer plus de temps pour examiner les résultats, confirmer leur exactitude et les interpréter. Il n'est pas rare que plusieurs itérations soient nécessaires pour effectuer et valider chaque simulation.

Résultats du processus de modélisation

Le processus de modélisation produit une gamme d'extraits pour la simulation de chaque scénario. Ces extraits comprennent :

- un portefeuille de ressources qui correspond à la projection de charge définie au coût net le plus bas du système;
- le total des coûts nets du système, y compris tous les coûts en capital lié à la production, les coûts en capital pour le transport et la distribution, les coûts d'exploitation, les coûts du carburant, les coûts d'importation et les revenus d'exportation;
- le total des émissions de gaz à effet de serre des réseaux électriques et de gaz naturel de Manitoba Hydro.

Manitoba Hydro étudie également les émissions totales au niveau provincial pour comprendre l'impact de différents scénarios, y compris les émissions provenant d'autres secteurs de la consommation d'énergie comme le secteur des transports.

Dans l'ensemble, le processus de modélisation produit des extraits qui permettent de comparer les résultats des différents scénarios. Toutefois, une analyse plus poussée des résultats de la modélisation est nécessaire pour bien comprendre les extraits avant d'élaborer une feuille de route et des mesures à court terme, qui constituent les prochaines étapes du PRI.

Bien que le présent document résume le processus de modélisation, vous trouverez de plus amples renseignements sur le processus dans une présentation disponible à l'adresse suivante :

[https://www.hydro.mb.ca/fr/corporate/planning/.](https://www.hydro.mb.ca/fr/corporate/planning/)

Disponible en formats substitués sur demande.