

Projet de ligne de transport 120 kV Grand-Brûlé – Dérivation
Saint-Sauveur

Comparaison des solutions sur les plans technique et économique

Demande R-3960-2016

**Préparé par Paul Paquin
PP ÉconoTech Conseil Inc.**

Le 13 mai 2016

Table des matières

COMPARAISON DES SOLUTIONS SUR LES PLANS TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE1

TABLE DES MATIÈRES	2
1. MANDAT	4
2. INTRODUCTION	5
3. OBJECTIFS DU PROJET	6
4. CARACTÉRISTIQUES DE LA LIGNE PROPOSÉE	6
5. DESCRIPTION DES SOLUTIONS	7
5.1. Solution 1	7
5.2. Solution 3	8
6. ANALYSE TECHNIQUE	9
7. ANALYSE ÉCONOMIQUE	10
7.1. Analyse du Transporteur	10
7.2. Autres facteurs à considérer : alimentation des postes St-Donat et Ste-Agathe	12
7.2.1. Poste Ste-Agathe	13
7.2.2. Ligne Ste-Agathe-St-Sauveur	13
7.2.3. Ligne Grand-Brûlé-Ste-Agathe	14
7.2.4. Sommaire de la comparaison économique solution 3 VS solution 1	15
8. OPTIMISATION DE LA SOLUTION 3	16
8.1 Optimisation de la solution 3 : aspect technique	16
8.2 Optimisation de la solution 3 : aspect économique	18
8.3 Sommaire de la comparaison économique solution 3 optimisée VS solution 1	20

9. CONCLUSIONS	21
TABLEAUX	22
Tableau 1	22
Tableau 2	23
Tableau 3	24
Tableau 4	25
Tableau 5	26
Tableau 6	27
Tableau 7	28
Tableau 8	28

1. Mandat

Le mandat d'expertise consiste à analyser la solution 1 proposée par le Transporteur pour la construction d'une nouvelle ligne à partir du poste Grand-Brulé jusqu'à St-Sauveur et à comparer cette solution à la solution 3 qui utiliserait exclusivement les emprises existantes. Le mandat inclut également une recherche d'optimisation de la solution 3 afin d'en réduire le plus possible les impacts.

Dans le cas de la solution 1, la nouvelle ligne longe une ligne 735 kV existante sur une partie de son tracé, utilise une nouvelle emprise sur une autre partie de son tracé et une emprise existante sur l'autre portion de son tracé. Dans le cas de la solution 3, la nouvelle ligne utilise uniquement les emprises existantes.

- L'analyse porte sur la faisabilité technique des deux solutions considérées et consiste essentiellement à valider que la solution 3 est électriquement adéquate pour satisfaire l'alimentation des charges prévues dans un horizon de 20 ans après la mise en service.
- L'analyse comporte aussi un volet économique qui consiste à comparer les deux solutions en dollars actualisés de l'année 2015.
- L'analyse inclut également une optimisation de la solution 3 en termes technicoéconomiques en vue d'en réduire le plus possible les impacts.

2. Introduction

Ce rapport constitue la synthèse des études techniques et économiques visant à présenter une comparaison entre les solutions 1 et 3 présentées par le Transporteur¹.

Il présente les objectifs visés par le projet, les caractéristiques de la ligne proposée, une description des solutions 1 et 3, une analyse technique de ces solutions et une comparaison économique de ces deux solutions.

Il présente également une recherche d'optimisation de la solution 3 afin d'en réduire le plus possible les impacts.

Enfin, en se basant sur les résultats obtenus, il présente une conclusion relativement à l'acceptabilité technicoéconomique de la solution 3 et de la solution 3 optimisée.

¹ B-0004, pages 14 à 16.

3. Objectifs du projet

Comme le mentionne le Transporteur, le Projet a pour objectif principal de répondre à la croissance de la demande dans les Laurentides en éliminant les dépassements de capacité des lignes à 120 kV et à 315 kV.² Plus précisément, il s'agit de soutenir la croissance pour une période de 20 ans, conformément à la prévision de la demande présentée par le Transporteur.³

En se référant aux diverses figures présentées à la référence⁴, il s'agit de satisfaire les besoins prévus des postes St-Donat, Ste-Agathe, St-Sauveur et Doc-Grignon. On peut calculer que pour la pointe 2018-2019, la demande totale non coïncidente prévue de ces postes est de 451,5 MVA, et atteint 559,1 MVA en 2038-2039⁵.

4. Caractéristiques de la ligne proposée

La ligne proposée est une ligne biterne dotée de deux conducteurs par phase (type Bersfort), soit des conducteurs de calibre 686 mm² ayant une capacité de 600 MVA⁶. En réponse à une demande de renseignements de l'intervenante, le Transporteur précise que cette capacité ne correspond pas à la capacité thermique⁷. De plus, en réponse à une autre demande de renseignements de l'intervenante, le Transporteur réfère à une réponse fournie à la Régie où il mentionne : *La capacité thermique des conducteurs installés (2 x Bersfort par phase) devrait atteindre 4 090 A (850 MVA à 120 kV), mais la chute de tension est telle que pour une ligne de 42 km radiale à 120 kV, il*

² B0004, page 7.

³ B-0039, page 17.

⁴ B-0039, pages 9 à 11.

⁵ B-0039, page 17. Étant donné que la demande en MVAR est habituellement faible par rapport à la demande en MW, le Consultant a additionné les MVA.

⁶ B-0004, page 12 et B-0006, page 3.

⁷ B-0046, page 16.

serait impossible de transiter un tel courant. La capacité limite de la ligne a donc été plafonnée à 600 MVA (2 886 A).

Cette information confirme la valeur de la capacité thermique que l'intervenante avait indiquée dans sa demande de renseignement, soit 850 MVA. Le Transporteur réduit la capacité à 600 MVA à cause de la chute de tension pour une ligne de 42 km. Selon notre expertise, étant donné que, dans le cas de la solution 3, un poste de sectionnement prévu en 2038 permet de réduire la longueur de la ligne à environ 15 km en réseau dégradé (N-1), il est possible de considérer une capacité de transit plus élevée que 600 MVA, tout en maintenant un niveau de tension acceptable à chacun des postes du réseau.

Il est bon de rappeler que la limite de la capacité thermique est pertinente seulement en réseau dégradé (N-1). En effet, en régime normal, le transit de capacité est réparti entre les deux circuits de la ligne biterne et la capacité de ces deux circuits dépasse largement les besoins prévus des postes de cette partie du réseau de transport.

Ainsi, considérant que la demande totale à alimenter à l'horizon 2038-2039 s'élève à 559,1 MVA, comme cela a été mentionné à la section précédente, il apparaît que la ligne proposée a une capacité thermique suffisante pour satisfaire les besoins prévus. Il faut toutefois s'assurer que les critères usuels de conception du réseau de transport soient respectés relativement, notamment, au niveau de tension prévisible à chaque poste en mode dégradé (N-1).

5. Description des solutions

5.1. Solution 1

La solution 1 consiste essentiellement à construire une nouvelle ligne biterne de grande capacité de transport. Il est prévu que celle-ci, d'une longueur totale de 42,5 km, soit construite en totalité pour une mise en service en 2018. La ligne comprend une section de 30,5 km dans une nouvelle emprise à partir du poste du Grand-Brûlé et la

reconstruction de 12 km jusqu'à la dérivation Saint-Sauveur de la ligne 1128-1357. La ligne utilise des corridors de transport existants sur plus de 55 % de sa longueur⁸. La localisation géographique est montrée à la figure 2 de la référence⁹.

En plus de ces travaux, la solution 1 comprend également le raccordement d'une ligne au poste Ste-Agathe. Ce raccordement est rendu nécessaire pour éviter le dépassement de la capacité thermique de la ligne existante (1356-1357) alimentant les postes St-Donat et Ste-Agathe¹⁰. La ligne raccordée est une section d'une ligne existante inutilisée depuis plusieurs années entre les postes Ste-Agathe et St-Sauveur.

Enfin, la solution inclut la reconstruction d'une barre à 120 kV de six disjoncteurs au poste Ste-Agathe en 2046¹¹.

5.2. Solution 3

La solution 3, qui vise à optimiser l'utilisation des emprises existantes, consiste essentiellement à construire une nouvelle ligne de 48,5 km. Cette solution comporte plusieurs étapes qui se réaliseront progressivement selon l'évolution des besoins. Les étapes sont les suivantes :

2018 : construction d'une nouvelle ligne d'environ 16,3 km le long d'une ligne existante entre le poste Grand-Brûlé et la dérivation St-Donat;

2018 : construction d'une nouvelle ligne d'environ 14,6 km entre la dérivation St-Donat et le poste Ste-Agathe. Cette ligne remplace la ligne existante;

2018 : reconstruction de la barre 120 kV au poste Ste-Agathe en vue de boucler les lignes au poste Ste-Agathe;

⁸ B-0004, page 12.

⁹ B-0004, page 11.

¹⁰ B-0004, page 15.

¹¹ B-0004, page 15.

2028 : prolongement de la nouvelle ligne de Ste-Agathe vers la dérivation St-Sauveur, soit environ 17,6 km, en remplacement de la ligne existante (1128-1357);

2032 : ajout de compensation shunt de 50 Mvar au poste Ste-Agathe;

2039 : construction d'un poste de sectionnement entre le poste du Grand-Brûlé et le poste de Sainte-Agathe.¹²

6. Analyse technique

L'analyse technique consiste essentiellement à réaliser des simulations d'écoulement de puissance. Ces simulations visent à représenter le comportement du réseau dans des conditions d'exploitation en situation normale et en situation de réseau dégradé (N-1). Pour cela, il faut fournir au modèle les caractéristiques électriques des équipements et des charges à alimenter (grandeur et localisation). Les informations concernant les caractéristiques électriques du réseau ont été fournies par le Transporteur dans le cadre des études ayant permis la réalisation du rapport du 28 mai 2015¹³. Les informations relatives aux caractéristiques des besoins sont également fournies par le Transporteur¹⁴.

L'objectif de ces simulations est de déterminer si le réseau prévu est adéquat pour satisfaire la charge maximale prévue à une année donnée, en respectant certains critères techniques définis. Par exemple, il faut que le réseau prévu puisse alimenter l'ensemble des charges même si un élément du réseau est hors service (critère N-1). Dans un tel cas, il faut notamment que la capacité thermique des équipements ne soit pas dépassée et que, partout sur le réseau, le niveau de tension soit maintenu à +/- 10% de la tension nominale¹⁵. Si

¹² B-0004, page 16.

¹³ Rapport déposé sous la cote B-0039.

¹⁴ B-0039, page 17.

¹⁵ R-3498, HQT-2, document 1, page 216 de 408.

ces conditions ne sont pas respectées, des modifications doivent être apportées afin de corriger la situation.

Les simulations effectuées ont permis de déterminer les modifications qu'il faut apporter sur la période d'analyse afin d'assurer une alimentation adéquate et sécuritaire des charges prévues selon chacune des deux solutions. Ces simulations sont présentées au document B-0039 et font l'objet d'une demande de confidentialité de la part du Transporteur¹⁶.

Ces simulations d'écoulement de puissance incorporent les modifications décrites plus haut (sauf l'addition d'un poste de sectionnement en 2039 pour la solution 3) et permettent de confirmer que les deux solutions sont adéquates sur le plan technique pour assurer une alimentation sécuritaire des charges sur la période retenue de 20 ans.

Il est également utile de rappeler que la configuration de la solution 1 présentée par le Transporteur comprend plusieurs prises en dérivation sur un même circuit, ce qui complexifie le système de protection.

Par ailleurs, comme il sera mentionné plus loin, une optimisation de la solution 3 permet également de satisfaire les critères techniques tout en minimisant les impacts¹⁷ grâce à l'élimination de l'élargissement de l'emprise entre le poste Grand-Brûlé et la dérivation St-Donat.

7. Analyse économique

7.1. Analyse du Transporteur

L'analyse économique présentée par le Transporteur¹⁸ consiste essentiellement à comparer les deux solutions en dollars actualisés à l'année 2015. Pour cela, il faut prendre en considération les investissements prévus ainsi que l'année de leur réalisation, et la

¹⁶ B-0039, pages 18 à 27 (confidentialité demandée par le Transporteur).

¹⁷ Voir le rapport « Études environnementales comparatives », Genest Experts Conseils, mai 2016.

¹⁸ B-0006, Annexe 4.

valeur résiduelle des équipements à la fin de la période d'analyse. Le modèle d'analyse du Transporteur prend également en considération la taxe sur les services publics qui est appliquée sur la valeur non amortie des équipements. La période d'analyse couvre 50 ans après la première mise en service, soit la période 2015 à 2067.

Étant donné que la période d'analyse dépasse la durée de vie utile de certains investissements, le Transporteur a considéré qu'il faudra réaliser certains réinvestissements¹⁹.

- Pour la solution 1 il s'agit :
 - 2058 : départs de ligne au poste Grand-Brûlé
 - 2061: disjoncteur au poste Ste-Agathe
- Pour la solution 3, il s'agit :
 - 2058 : barre de sectionnement bouclée au poste Ste-Agathe et départs de ligne au poste du Grand-Brûlé
 - 2062 : compensateur shunt au poste Ste-Agathe

La valeur actualisée des pertes électriques est également prise en considération. Le tableau suivant²⁰ présente le résumé de la comparaison économique selon le Transporteur.

Tableau 5
Comparaison économique des solutions (M\$ actualisés 2015)

	Solution 1 Grand-Brûlé – St-Sauveur	Solution 2 Lafontaine – St-Sauveur	Solution 1 Grand-Brûlé – St-Donat
Investissements	81,0	155,6	96,1
Réinvestissements	1,1	5,4	3,3
Valeurs résiduelles	(1 8)	(4,9)	(3,9)
Taxes	5,5	10,6	6,5
Pertes électriques	-	25,1	-
Coûts globaux actualisés	85,8	191,8	102,0

NOTE : On devrait lire Solution 3 à la colonne Grand-Brûlé-St-Donat.

¹⁹ B-0044, page 12.

²⁰ B-0004, page 17.

Le Transporteur conclut que les résultats de l'analyse économique démontrent que les coûts globaux actualisés de la solution 1 sont les plus bas. L'écart de CGA (coût global actualisé) de la solution 3 par rapport à la solution 1 est de 16.2 M\$ ou 18,9%.

On peut également constater que la valeur des pertes électriques n'est pas un facteur jouant en faveur de la solution 1 ou de la solution 3. Dans les deux cas, l'alimentation des postes St-Donat, Ste-Agathe, St-Sauveur et Doc-Grignon se fait à partir du poste Grand-Brûlé et les pertes sont semblables. Il en est autrement pour la solution 2 où l'alimentation de ces postes se fait à partir du poste Lafontaine.

7.2. Autres facteurs à considérer : alimentation des postes St-Donat et Ste-Agathe

Les investissements prévus pour la solution 3 consistent essentiellement à remplacer les lignes existantes par une nouvelle ligne qui permet le transit d'une capacité beaucoup plus grande. Dans cette solution, l'alimentation des postes St-Donat et Ste-Agathe est assurée sur toute la période considérée pour l'analyse économique avec un réinvestissement pour la section 120 kV du poste Ste-Agathe après 40 ans (2058) et un réinvestissement pour la compensation shunt après 30 ans (2062)²¹. Il n'y a pas de réinvestissement pour les équipements de ligne puisque la vie utile présumée correspond à la période d'analyse.

Par contre, dans le cas de la solution 1, l'alimentation des postes St-Donat et Ste-Agathe continue d'être assurée par les équipements existants. Ceux-ci sont en service depuis plusieurs années et, en toute cohérence avec les hypothèses retenues pour la solution 3, il faut que l'analyse économique prenne en considération que des réinvestissements sont à prévoir pour les équipements qui atteindront la fin de leur vie utile durant la période 2018-2068.

²¹ B-0046, page 12.

7.2.1. Poste Ste-Agathe

Selon les informations fournies par le Transporteur, la section 120 kV du poste Ste-Agathe a été mise en service en 1963 et il y a eu des investissements en maintien des actifs depuis cette date. En effet, la barre à 120 kV de ce poste a été remise à neuf entre 2007 et 2011. De plus, en ce qui concerne les équipements majeurs, un disjoncteur à 120 kV a été remplacé en 2007 et les deux autres disjoncteurs à 120 kV ont été remis à neuf en 2009²².

Selon les informations fournies par le Transporteur quant aux réinvestissements, ce remplacement est prévu vers 2046, comme cela est indiqué au tableau fourni en réponse à une demande de renseignements de la Régie²³.

7.2.2. Ligne Ste-Agathe-St-Sauveur

En réponse à une demande de renseignements de la Municipalité de Saint-Adolphe-d'Howard, le Transporteur renvoie à une réponse à une demande de renseignement de la Régie, qui indique que la mise en service de la ligne a été réalisée en 1972²⁴ et qu'il n'y a pas eu d'investissement en maintien des actifs sur cette ligne depuis cette date²⁵. Le Transporteur mentionne également que pour l'analyse économique, il utilise une durée de vie de 50 ans pour les investissements en ligne de transport²⁶. Selon cette hypothèse, la section de la ligne que le Transporteur prévoit utiliser en 2031 pour raffermir l'alimentation du poste Ste-Agathe aura atteint la fin de sa vie utile et il faut prévoir des investissements en maintien des actifs pour cette ligne. En se basant sur les informations fournies concernant le projet de construction d'une ligne biterne de 25 km autorisée par le Régie (D-2007-78), on peut évaluer que l'investissement en maintien des actifs pour assurer une alimentation à long terme du poste Ste-Agathe serait d'environ 1 M\$ du km (\$2008). En effet, le coût de

²² B-0046, page 18.

²³ B-0044, page 12.

²⁴ B-0046, page 20 et B-0044, page 14.

²⁵ B-0046, page 20.

²⁶ B-0046, page 18.

réalisation de ce projet était de 25,8 M\$ pour une mise en service en 2008 (excluant les frais financiers)²⁷.

Pour les fins de la comparaison économique, il faudrait donc ajouter en 2031 un investissement en ligne de transport pour la solution 1. En utilisant les paramètres suivants, on peut estimer la valeur de cet investissement à environ 10,7 M\$:

Coût unitaire de 1 M\$/km (\$2008);

Indice IPC de 2009 à 2031²⁸ (facteur 1,53);

Longueur d'environ 7 km, soit 17,6 km²⁹ moins 10,4 km³⁰.

Ainsi, en considérant que des investissements en maintien des actifs ligne sont requis **pour la solution 1, le CGA de cette solution devient 90,1 M\$ et l'écart par rapport à la solution 3 est réduite à 13,2%.**

7.2.3. Ligne Grand-Brûlé-Ste-Agathe

Le même raisonnement s'applique pour la ligne actuelle reliant le poste Grand-Brûlé au poste Ste-Agathe, d'une longueur de 30,9 km³¹.

En réponse à une demande de renseignements de la municipalité de Saint-Adolphe-d'Howard, le Transporteur mentionne que cette ligne a été mise en service en 1982³². En appliquant les hypothèses du Transporteur relativement aux durées de vie pour l'analyse économique, il faut prévoir des investissements en maintien des actifs vers l'année 2032. Selon les mêmes hypothèses que dans la section précédente, l'investissement pour les 30,9 km de ligne est de 48,2 M\$ en dollars courants de 2032.

²⁷ Rapport annuel 2009 du Transporteur, HQT-3, document 1, page 24.

²⁸ R3934-2015 B-0024 ou HQT-9, document 1, page 31.

²⁹ B-0039, page 11.

³⁰ B-0039, page 9.

³¹ B-0039, page 11.

³² B-0046, page 13.

Ainsi, en considérant que des investissements en maintien des actifs ligne sont requis **pour la solution 1, le CGA de cette solution devient 103,9 M\$ et l'écart devient 1,9% en faveur de la solution 3.**

7.2.4 Sommaire de la comparaison économique solution 3 VS solution 1

Le tableau ci-dessous présente un sommaire de l'analyse du Consultant. Le tableau inclut l'effet combiné de l'ajout des deux lignes pour l'alimentation des postes St-Donat et Ste-Agathe.

Il est possible de constater qu'en prenant compte des investissements qu'il faudra réaliser pour l'alimentation des postes St-Donat et Ste-Agathe, le coût global actualisé de la solution 1 devient légèrement plus élevé que le coût global actualisé de la solution 3.

	CGA K\$ act 2015		Écart	
	Solution 1	Solution 3	Solution3 VS Solution 1	
			K\$ actu 2015	%
Original	85 764	101 954	16 191	18,88%
Avec réinvestissement ligne vers Ste-Agathe	90 066		11 888	13,20%
Avec réinvestissement ligne Grand-Brûlé – Ste-Agathe	103 899		(1 944)	-1,87%
Avec réinvestissement ligne vers Ste-Agathe et ligne Grand-Brûlé – Ste-Agathe	108 199		(6 245)	-5,77%

8. Optimisation de la solution 3

En réponse à une demande de renseignements de l'intervenante, le Transporteur précise qu'il a choisi et retenu la solution 1 et que cette solution a été optimisée au cours de la réalisation des activités d'avant-projet. Il ajoute que la solution 3 n'a pas été retenue et n'a donc pas été optimisée³³. Selon notre expertise, la solution 3 peut être optimisée du point de vue des impacts sur l'environnement, comme cela est traité dans un autre rapport d'expertise³⁴.

Elle peut également être optimisée sur le plan technique comme cela est montré ci-dessous, tout en réduisant les impacts sur l'environnement comme cela est traité dans un rapport³⁵.

8.1 Optimisation de la solution 3 : aspect technique

Selon les informations présentées au rapport du 28 mai 2015, l'élargissement de l'emprise dans la section Grand-Brûle-dérivation St-Donat entraînerait des impacts sur le plan humain. Ainsi, des frais importants seraient à prévoir pour faire l'acquisition et/ou procéder au déplacement de bâtiments dans les abords de l'emprise pour élargir celle-ci afin d'y ériger une nouvelle ligne. Selon l'évaluation du Transporteur, ces frais s'élèveraient à 8,4 M\$³⁶.

Suite à un examen plus approfondi de cette situation, le Consultant estime que ces frais pourraient être évités en considérant que l'implantation de la nouvelle ligne se ferait dans l'emprise existante, en remplacement de la ligne existante.

Une vérification de la faisabilité technique de cette optimisation permet de conclure que les critères usuels de conception de réseau sont respectés : en régime normal, le niveau de tension est adéquat à

³³ B-0046, page 8

³⁴ Voir le rapport « Études environnementales comparatives », Genest Experts Conseils, mai 2016

³⁵ IBID

³⁶ B-0039, page 11

chacun des postes et il en est de même en régime dégradé, avec la perte du circuit le plus critique.

Les tableaux 1 à 6 en annexe présentent les résultats des simulations d'écoulement de puissance en régime normal et en régime dégradé, pour les années 2018, 2028 et 2038. Il est possible de constater que les niveaux de tension sont adéquats à chaque poste du réseau et que la capacité thermique des circuits n'est pas dépassée pour chacune des années, autant en régime normal qu'en régime dégradé.

De plus, pour tester la robustesse de la solution 3 optimisée, le Consultant a procédé à une simulation d'écoulement de puissance pour l'année 2048. Pour cela, il a prolongé la période de prévision de la demande déjà fournie par le Transporteur. En se basant sur la croissance des dernières années de la prévision, il a été supposé une croissance annuelle de 1%.

Les résultats montrés aux tableaux 7 et 8 en annexe indiquent que le niveau de tension est adéquat à chaque poste du réseau et que la capacité thermique des circuits n'est pas dépassée, autant en régime normal qu'en régime dégradé.

8.2 Optimisation de la solution 3 : aspect économique

Le tableau suivant présente les travaux requis pour la solution 3 et pour la solution 3 optimisée.

	Solution 3	Solution 3 optimisée
2018	construction d'une nouvelle ligne d'environ 16,3 km le long d'une ligne existante entre le poste Grand-Brûlé et la dérivation St-Donat.	construction d'une nouvelle ligne d'environ 30,9 km en remplacement de la ligne existante entre le poste Grand-Brûlé et le poste Ste-Agathe.
2018	2018 : construction d'une nouvelle ligne d'environ 14,6 km entre la dérivation St-Donat et le poste Ste-Agathe. Cette ligne remplace la ligne existante.	
2018	reconstruction de la barre 120 kV au poste Ste-Agathe en vue de boucler les lignes au poste Ste-Agathe;	Idem
2028	prolongement de la nouvelle ligne de Ste-Agathe vers la dérivation St-Sauveur, soit environ 17,6 km, en remplacement de la ligne existante (1128-1357);	Idem
2032	ajout de compensation shunt de 50 Mvar au poste Ste-Agathe;	Cet ajout est réalisé en 2018
2039	construction d'un poste de sectionnement entre le poste du Grand-Brûlé et le poste de Sainte-Agathe	Cet ajout est réalisé en 2038
2058	Réinvestissement : barre de sectionnement bouclée au poste Ste-Agathe et départs de ligne au poste du Grand-Brûlé	Idem
2062	Réinvestissement : compensateur shunt au poste Ste-Agathe	Cet ajout est réalisé en 2048

Comme on peut le constater, la principale différence concerne la section de la ligne entre le poste Grand-Brûlé et la dérivation St-Donat. Dans le cas de la solution 3, il s'agit d'ajouter une nouvelle ligne nécessitant l'élargissement de l'emprise existante alors que dans le cas de la solution 3 optimisée, la nouvelle ligne remplace la ligne existante. Les autres équipements requis sont les mêmes, mais pour certains la date de mise en service est différente.

Pour les fins de l'évaluation économique de la solution 3 optimisée, le Consultant réfère aux coûts unitaires présentés dans le rapport du Transporteur du 28 mai 2015³⁷. En \$2015, les investissements sont les suivants, sauf indication contraire :

- 2018 : ligne Grand-Brûlé – Ste-Agathe : 55 774 k\$
- 2018 : barre 120 kV au poste Ste-Agathe : 11 000 k\$
- 2018 : compensation shunt à Ste-Agathe : 2 900 k\$
- 2018 : 2 départs de ligne à Grand-Brûlé : 2 837 k\$ courants
- 2028 : ligne Ste-Agathe – St-Sauveur : 31 768 k\$
- 2048: compensation shunt à Ste-Agathe : 2 900 k\$
- 2058 : barre 120 kV au poste Ste-Agathe : 11 000 k\$.

Avec ces valeurs et en utilisant la même méthodologie que celle présentée par le Transporteur, le CGA de la solution 3 optimisée est de 96,1 M\$.

³⁷ B-0039, pages 9 et 11.

8.3 Sommaire de la comparaison économique solution 3 optimisée VS solution 1

Le tableau ci-dessous présente un sommaire de notre expertise. Il est possible de constater qu'en prenant compte des investissements à réaliser pour l'alimentation des postes St-Donat et Ste-Agathe, le coût global actualisé de la solution 1 devient plus élevé que le coût global actualisé de la solution 3 optimisée.

	CGA K\$ act 2015		Écart	
	Solution 1	Solution 3	Solution3 VS Solution 1	
			K\$ actu 2015	%
Original	85 764	96 100	10 336	12,05%
Avec réinvestissement ligne vers Ste-Agathe	90 066		6 033	6,70%
Avec réinvestissement ligne Grand-Brûlé – Ste-Agathe	103 899		(4 939)	-4,89%
Avec réinvestissement ligne vers Ste-Agathe et ligne Grand-Brûlé – Ste-Agathe	108 199		(12 100)	-11,18%

9. Conclusions

Une analyse plus approfondie de la solution 3 a permis d'optimiser cette solution en vue d'en réduire le coût et les impacts.

Les résultats obtenus permettent de conclure que, sur le plan technique, la solution 3 optimisée est adéquate pour satisfaire l'alimentation des besoins prévus pour les 20 prochaines années à partir de l'année 2018. Il a aussi été démontré que les critères habituels de conception du réseau de transport sont respectés.

De plus, selon une hypothèse de croissance annuelle de la demande de 1% à partir de l'année 2038-2039, cette solution est adéquate pour au moins 10 années supplémentaires, soit jusqu'en 2048-2049.

Sur le plan économique, il a été démontré que des investissements doivent être ajoutés à la solution 1 pour assurer l'alimentation des postes St-Donat et Ste-Agathe jusqu'à la fin de la période d'analyse. L'ajout de ces investissements augmente le coût global actualisé de la solution 1 de sorte que le coût de cette solution devient 5.77% plus élevé que celui de la solution 3 et 11,18% plus élevé que la solution 3 optimisée.

Tableaux

Tableau 1 : Simulation 2018-2019

Ligne biterne 2-1354 MCM de Grand-Brûlé à Ste-Agathe

Régime normal

Tension aux postes

Number	Name	Area Name	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	GrBrule	1	1,04900	125,880	0,00			460,01	62,17
2	Sectionn	1	1,03513	124,216	-4,68				
3	Ste-Agat	1	1,02753	123,303	-8,56	133,00	15,00		
4	Sauveur	1	1,00426	120,511	-13,06	136,00	10,00	0,00	0,00
5	Doc	1	1,00402	120,482	-12,98	122,00	15,00		
6	Deriv2	1	1,00421	120,505	-13,02				
7	Chertsey	1	1,00456	120,547	-13,03	0,00	0,00		
8	Donat	1	1,03084	123,700	-6,45	61,00	0,00		

Transit dans les lignes

From Number	From Name	To Number	To Name	Circuit	Status	Xfrmr	From MW	From Mvar	From MVA	Lim MVA	Max Percent	M
1	GrBrule	2	Sectionn	5	Closed	No	230,0	31,1	232,1	800,0	29,0	
1	GrBrule	2	Sectionn	6	Closed	No	230,0	31,1	232,1	800,0	29,0	
2	Sectionn	3	Ste-Agat	2	Closed	No	198,1	14,8	198,6	800,0	24,8	
2	Sectionn	3	Ste-Agat	3	Closed	No	198,1	14,8	198,6	800,0	24,8	
2	Sectionn	8	Donat	1	Closed	No	30,7	-1,7	30,7	300,0	10,2	
2	Sectionn	8	Donat	2	Closed	No	30,7	-1,7	30,7	300,0	10,2	
3	Ste-Agat	4	Sauveur	2	Closed	No	131,8	20,8	133,4	315,0	42,4	
3	Ste-Agat	5	Doc	2	Closed	No	129,6	21,4	131,4	315,0	41,7	
4	Sauveur	6	Deriv2	1	Closed	No	-5,9	1,3	6,1	800,0	0,8	
6	Deriv2	5	Doc	1	Closed	No	-5,9	2,6	6,5	800,0	0,8	
6	Deriv2	7	Chertsey	1	Closed	No	0,0	-1,1	1,1	312,0	0,4	

Tableau 2 : Simulation 2028-2029

Ligne biterne 2-1354 MCM de Grand-Brûlé à Saint-Sauveur

Régime normal

Tension aux postes

lumber	Name	Area Name	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	GrBrule	1	1,04900	125,880	0,00			509,96	76,85
2	Sectionn	1	1,03259	123,911	-5,20				
3	Ste-Agat	1	1,02410	122,892	-9,51	147,00	15,00		
4	Sauveur	1	1,01198	121,437	-13,41	153,00	10,00	0,00	0,00
5	Doc	1	1,01179	121,414	-13,32	135,00	15,00		
6	Deriv2	1	1,01195	121,435	-13,37				
7	Chertsey	1	1,01231	121,477	-13,37	0,00	0,00		
8	Donat	1	1,02756	123,307	-7,18	68,00	0,00		

Transit dans les lignes

From Number	From Name	To Number	To Name	Circuit	Status	Xfrmr	From MW	From Mvar	From MVA	Lim MVA	Max Percent	M
1	GrBrule	2	Sectionn	5	Closed	No	255,0	38,4	257,9	800,0	32,2	
1	GrBrule	2	Sectionn	6	Closed	No	255,0	38,4	257,9	800,0	32,2	
2	Sectionn	3	Ste-Agat	2	Closed	No	219,2	17,4	219,9	800,0	27,5	
2	Sectionn	3	Ste-Agat	3	Closed	No	219,2	17,4	219,9	800,0	27,5	
2	Sectionn	8	Donat	1	Closed	No	34,2	-1,5	34,2	300,0	11,4	
2	Sectionn	8	Donat	2	Closed	No	34,2	-1,5	34,2	300,0	11,4	
3	Ste-Agat	4	Sauveur	2	Closed	No	146,4	20,3	147,8	800,0	18,5	
3	Ste-Agat	5	Doc	2	Closed	No	142,9	20,7	144,4	800,0	18,0	
4	Sauveur	6	Deriv2	1	Closed	No	-7,3	1,3	7,4	800,0	0,9	
6	Deriv2	5	Doc	1	Closed	No	-7,3	2,6	7,7	800,0	1,0	
6	Deriv2	7	Chertsey	1	Closed	No	0,0	-1,1	1,1	312,0	0,4	

Tableau 3 : Simulation 2038-2039

Ligne biterne 2-1354 MCM de Grand-Brûlé à Saint-Sauveur

Poste de sectionnement à la dérivation Saint-Donat

Régime normal

Tension aux postes

Number	Name	Area Name	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	GrBrule	1	1,04900	125,880	0,00			567,72	103,53
2	Sectionn	1	1,02796	123,356	-5,80				
3	Ste-Agat	1	1,01707	122,049	-10,65	163,00	15,00		
4	Sauveur	1	1,00372	120,447	-15,05	170,00	10,00	0,00	0,00
5	Doc	1	1,00356	120,427	-14,94	150,00	15,00		
6	Deriv2	1	1,00371	120,446	-15,00				
7	Chertsey	1	1,00406	120,487	-15,00	0,00	0,00		
8	Donat	1	1,02204	122,645	-8,04	76,00	0,00		

Transit dans les lignes

From Name	To Number	To Name	Circuit	Status	Xfrmr	From MW	From Mvar	From MVA	Lim MVA	Max Percent	M
GrBrule	2	Sectionn	5	Closed	No	283,9	51,8	288,5	800,0	36,1	
GrBrule	2	Sectionn	6	Closed	No	283,9	51,8	288,5	800,0	36,1	
Sectionn	3	Ste-Agat	2	Closed	No	243,7	24,4	244,9	800,0	30,6	
Sectionn	3	Ste-Agat	3	Closed	No	243,7	24,4	244,9	800,0	30,6	
Sectionn	8	Donat	1	Closed	No	38,2	-1,1	38,3	300,0	12,8	
Sectionn	8	Donat	2	Closed	No	38,2	-1,1	38,3	300,0	12,8	
Ste-Agat	4	Sauveur	2	Closed	No	162,8	22,9	164,3	800,0	20,5	
Ste-Agat	5	Doc	2	Closed	No	158,9	23,2	160,6	800,0	20,1	
Sauveur	6	Deriv2	1	Closed	No	-8,1	1,3	8,2	800,0	1,0	
Deriv2	5	Doc	1	Closed	No	-8,1	2,6	8,5	800,0	1,1	
Deriv2	7	Chertsey	1	Closed	No	0,0	-1,1	1,1	312,0	0,4	

Tableau 4 : Simulation 2018-2019

Ligne biterne 2-1354 MCM de Grand-Brûlé à Sainte-Agathe

Perte d'un circuit entre Grand-Brûlé et le poste Ste-Agathe et d'un circuit entre la dérivation St-Donat et le poste St-Donat.

Tension aux postes

Number	Name	Area Name	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	GrBrule	1	1,04900	125,880	0,00			466,25	160,84
2	Sectionn	1	0,99229	119,075	-9,80				
3	Ste-Agat	1	0,96618	115,942	-18,42	133,00	15,00		
4	Sauveur	1	0,94081	112,897	-23,53	136,00	10,00	0,00	0,00
5	Doc	1	0,94056	112,867	-23,44	122,00	15,00		
6	Deriv2	1	0,94075	112,890	-23,49				
7	Chertsey	1	0,94108	112,929	-23,49	0,00	0,00		
8	Donat	1	0,98045	117,655	-13,67	61,00	0,00		

Transit dans les lignes

From Number	From Name	To Number	To Name	Circuit	Status	Xfrmr	From MW	From Mvar	From MVA	Lim MVA	Max Percent	M
1	GrBrule	2	Sectionn	5	Closed	No	466,2	160,8	493,2	800,0	61,7	
1	GrBrule	2	Sectionn	6	Open	No	0,0	0,0	0,0	800,0	0,0	
2	Sectionn	3	Ste-Agat	2	Open	No	0,0	0,0	0,0	800,0	0,0	
2	Sectionn	3	Ste-Agat	3	Closed	No	398,9	74,0	405,7	800,0	50,7	
2	Sectionn	8	Donat	1	Closed	No	61,7	1,7	61,7	300,0	20,6	
2	Sectionn	8	Donat	2	Open	No	0,0	0,0	0,0	300,0	0,0	
3	Ste-Agat	4	Sauveur	2	Closed	No	132,0	22,5	133,9	315,0	42,5	
3	Ste-Agat	5	Doc	2	Closed	No	129,8	23,1	131,9	315,0	41,9	
4	Sauveur	6	Deriv2	1	Closed	No	-5,9	1,4	6,1	800,0	0,8	
6	Deriv2	5	Doc	1	Closed	No	-5,9	2,5	6,5	800,0	0,8	
6	Deriv2	7	Chertsey	1	Closed	No	0,0	-1,0	1,0	312,0	0,3	

Tableau 5 : Simulation 2028-2029

Ligne biterne 2-1354 MCM de Grand-Brûlé à Saint-Sauveur

Perte d'un circuit entre Grand-Brûlé et le poste Ste-Agathe et d'un circuit entre la dérivation St-Donat et le poste St-Donat

Tension aux postes

Number	Name	Area Name	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	GrBrule	1	1,04900	125,880	0,00			517,69	203,05
2	Sectionn	1	0,97892	117,471	-11,01				
3	Ste-Agat	1	0,94779	113,735	-20,87	147,00	15,00		
4	Sauveur	1	0,93413	112,095	-25,43	153,00	10,00	0,00	0,00
5	Doc	1	0,93392	112,070	-25,32	135,00	15,00		
6	Deriv2	1	0,93409	112,091	-25,38				
7	Chertsey	1	0,93441	112,130	-25,38	0,00	0,00		
8	Donat	1	0,96494	115,793	-15,45	68,00	0,00		

Transit dans les lignes

From Name	To Number	To Name	Circuit	Status	Xfrmr	From MW	From Mvar	From MVA	Lim MVA	Max Percent	M
GrBrule	2	Sectionn	5	Closed	No	517,7	203,0	556,1	800,0	69,5	
GrBrule	2	Sectionn	6	Open	No	0,0	0,0	0,0	800,0	0,0	
Sectionn	3	Ste-Agat	2	Open	No	0,0	0,0	0,0	800,0	0,0	
Sectionn	3	Ste-Agat	3	Closed	No	441,6	91,7	451,0	800,0	56,4	
Sectionn	8	Donat	1	Closed	No	68,9	3,0	68,9	300,0	23,0	
Sectionn	8	Donat	2	Open	No	0,0	0,0	0,0	300,0	0,0	
Ste-Agat	4	Sauveur	2	Closed	No	146,5	22,3	148,2	800,0	18,5	
Ste-Agat	5	Doc	2	Closed	No	143,0	22,6	144,8	800,0	18,1	
Sauveur	6	Deriv2	1	Closed	No	-7,3	1,4	7,4	800,0	0,9	
Deriv2	5	Doc	1	Closed	No	-7,3	2,5	7,7	800,0	1,0	
Deriv2	7	Chertsey	1	Closed	No	0,0	-1,0	1,0	312,0	0,3	

Tableau 6 : Simulation 2038-2039

Ligne biterne 2-1354 MCM de Grand-Brûlé à Saint-Sauveur

Poste de sectionnement à la dérivation Saint-Donat

Perte d'un circuit entre Grand-Brûlé et le poste de sectionnement et d'un circuit entre le poste de sectionnement et le poste St-Donat.

Tension aux postes

Number	Name	Area Name	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	GrBrule	1	1,04900	125,880	0,00			573,27	192,61
2	Sectionn	1	0,98557	118,269	-12,17				
3	Ste-Agat	1	0,97249	116,699	-17,45	163,00	15,00		
4	Sauveur	1	0,95817	114,980	-22,27	170,00	10,00	0,00	0,00
5	Doc	1	0,95800	114,960	-22,16	150,00	15,00		
6	Deriv2	1	0,95815	114,978	-22,22				
7	Chertsey	1	0,95848	115,018	-22,22	0,00	0,00		
8	Donat	1	0,96961	116,353	-17,08	76,00	0,00		

Transit dans les lignes

From Number	From Name	To Number	To Name	Circuit	Status	Xfrmr	From MW	From Mvar	From MVA	Lim MVA	Max Percent	M
1	GrBrule	2	Sectionn	5	Closed	No	573,3	192,6	604,8	800,0	75,6	
1	GrBrule	2	Sectionn	6	Open	No	0,0	0,0	0,0	800,0	0,0	
2	Sectionn	3	Ste-Agat	2	Closed	No	243,8	30,0	245,7	800,0	30,7	
2	Sectionn	3	Ste-Agat	3	Closed	No	243,8	30,0	245,7	800,0	30,7	
2	Sectionn	8	Donat	1	Closed	No	77,1	4,1	77,2	300,0	25,7	
2	Sectionn	8	Donat	2	Open	No	0,0	0,0	0,0	300,0	0,0	
3	Ste-Agat	4	Sauveur	2	Closed	No	162,8	24,2	164,6	800,0	20,6	
3	Ste-Agat	5	Doc	2	Closed	No	158,9	24,5	160,8	800,0	20,1	
4	Sauveur	6	Deriv2	1	Closed	No	-8,1	1,4	8,2	800,0	1,0	
6	Deriv2	5	Doc	1	Closed	No	-8,1	2,6	8,5	800,0	1,1	
6	Deriv2	7	Chertsey	1	Closed	No	0,0	-1,0	1,0	312,0	0,3	

Tableau 7 : Simulation 2048-2049

Ligne biterne 2-1354 MCM de Grand-Brûlé à Saint-Sauveur

Poste de sectionnement à la dérivation Saint-Donat

Régime normal

Tension aux postes

Number	Name	Area Name	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	GrBrule	1	1,04900	125,880	0,00			635,07	139,22
2	Sectionn	1	1,02186	122,624	-6,52				
3	Ste-Agat	1	1,00782	120,938	-12,00	182,00	15,00		
4	Sauveur	1	0,99289	119,146	-17,02	190,00	10,00	0,00	0,00
5	Doc	1	0,99277	119,132	-16,90	167,00	15,00		
6	Deriv2	1	0,99290	119,148	-16,96				
7	Chertsey	1	0,99324	119,189	-16,96	0,00	0,00		
8	Donat	1	1,01489	121,787	-9,05	85,00	0,00		

Transit dans les lignes

From Number	From Name	To Number	To Name	Circuit	Status	Xfrmr	From MW	From Mvar	From MVA	Lim MVA	Max Percent	M
1	GrBrule	2	Sectionn	5	Closed	No	317,5	69,6	325,1	800,0	40,6	
1	GrBrule	2	Sectionn	6	Closed	No	317,5	69,6	325,1	800,0	40,6	
2	Sectionn	3	Ste-Agat	2	Closed	No	272,3	33,9	274,4	800,0	34,3	
2	Sectionn	3	Ste-Agat	3	Closed	No	272,3	33,9	274,4	800,0	34,3	
2	Sectionn	8	Donat	1	Closed	No	42,8	-0,7	42,8	300,0	14,3	
2	Sectionn	8	Donat	2	Closed	No	42,8	-0,7	42,8	300,0	14,3	
3	Ste-Agat	4	Sauveur	2	Closed	No	181,8	26,3	183,7	800,0	23,0	
3	Ste-Agat	5	Doc	2	Closed	No	177,3	26,5	179,3	800,0	22,4	
4	Sauveur	6	Deriv2	1	Closed	No	-9,3	1,3	9,4	800,0	1,2	
6	Deriv2	5	Doc	1	Closed	No	-9,3	2,6	9,7	800,0	1,2	
6	Deriv2	7	Chertsey	1	Closed	No	0,0	-1,1	1,1	312,0	0,3	

Tableau 8 : Simulation 2048-2049

Ligne biterne 2-1354 MCM de Grand-Brûlé à Saint-Sauveur

Poste de sectionnement à la dérivation Saint-Donat

Perte d'un circuit entre Grand-Brûlé et le poste de sectionnement et d'un circuit entre le poste de sectionnement et le poste St-Donat.

Tension aux postes

Number	Name	Area Name	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Mvar
1	GrBrule	1	1,04900	125,880	0,00			642,94	262,01
2	Sectionn	1	0,96430	115,716	-13,92				
3	Ste-Agat	1	0,94660	113,592	-20,10	182,00	15,00		
4	Sauveur	1	0,93002	111,602	-25,81	190,00	10,00	0,00	0,00
5	Doc	1	0,92990	111,588	-25,67	167,00	15,00		
6	Deriv2	1	0,93002	111,603	-25,74				
7	Chertsey	1	0,93035	111,642	-25,74	0,00	0,00		
8	Donat	1	0,94497	113,396	-19,67	85,00	0,00		

Transit dans les lignes

From Number	From Name	To Number	To Name	Circuit	Status	Xfrmr	From MW	From Mvar	From MVA	Lim MVA	Max Percent	M
1	GrBrule	2	Sectionn	5	Closed	No	642,9	262,0	694,3	800,0	86,8	
1	GrBrule	2	Sectionn	6	Open	No	0,0	0,0	0,0	800,0	0,0	
2	Sectionn	3	Ste-Agat	2	Closed	No	272,6	43,0	276,0	800,0	34,5	
2	Sectionn	3	Ste-Agat	3	Closed	No	272,6	43,0	276,0	800,0	34,5	
2	Sectionn	8	Donat	1	Closed	No	86,4	6,4	86,7	300,0	28,9	
2	Sectionn	8	Donat	2	Open	No	0,0	0,0	0,0	300,0	0,0	
3	Ste-Agat	4	Sauveur	2	Closed	No	181,9	28,8	184,2	800,0	23,0	
3	Ste-Agat	5	Doc	2	Closed	No	177,5	28,9	179,8	800,0	22,5	
4	Sauveur	6	Deriv2	1	Closed	No	-9,3	1,4	9,4	800,0	1,2	
6	Deriv2	5	Doc	1	Closed	No	-9,3	2,5	9,6	800,0	1,2	
6	Deriv2	7	Chertsey	1	Closed	No	0,0	-1,0	1,0	312,0	0,3	

