

STRATÉGIE DE GESTION DE LA PÉRENNITÉ DES ACTIFS DU TRANSPORTEUR

Stratégie de gestion de la pérennité des actifs du Transporteur

Mise à jour

AOÛT 2010

Table des matières

MISE EN CONTEXTE	5
1. CRITÈRES DE PÉRENNITÉ – APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE ET MÉCANIQUE.....	5
1.1 CRITÈRES DE PÉRENNITÉ DES TRANSFORMATEURS DE MESURE	5
1.2 CRITÈRES DE PÉRENNITÉ DES AUTRES ÉQUIPEMENTS (JEUX DE BARRES, COMPRESSEURS D’AIR, PARAFONDRES).....	6
2. GRILLE D’ANALYSE DU RISQUE DES LIGNES DE TRANSPORT	6
2.1 IMPACT D’UNE DÉFAILLANCE D’UN COMPOSANT	7
2.1.1 Impact sur le réseau et la qualité de service (40 %)	7
2.1.2 Impact sur la sécurité et l’environnement (30 %)	8
2.1.3 Impact sur le fonctionnement de la ligne (20 %)	8
2.1.4 Impact sur les coûts collatéraux (10 %)	8
2.2 PROBABILITÉ D’UNE DÉFAILLANCE D’UN COMPOSANT	9
2.2.1 État actuel et performance de la ligne (80 %)	9
2.2.2 Fiabilité de la ligne (20 %)	10
2.3 UTILISATION DE LA GRILLE D’ANALYSE DU RISQUE DES LIGNES DE TRANSPORT	10
3. REMPLACEMENT DES COMPOSANTS DES LIGNES AÉRIENNES	11
4. STRATÉGIE OPTIMALE D’INTERVENTION À LONG TERME DES LIGNES DE TRANSPORT	11
4.1 SCÉNARIOS D’INTERVENTIONS	12
Scénario 1 – Attente de la dégradation d’un composant (cas limite inférieur)	12
Scénario 2 – Attente de la dégradation avant la charge de conception	13
Scénario 3 – Maintien du risque au minimum (cas limite supérieur)	13
Scénario retenu	15
4.2 CAS PARTICULIER DE L’ÎLE DE MONTRÉAL.....	15
CONCLUSION.....	16
 TABLEAU	
Tableau 1 Grille d’analyse du risque des équipements de lignes aériennes (janvier 2010)	11

FIGURES

Figure 1 Courbe de dégradation de la capacité mécanique en fonction des années.....	12
Figure 2 Évolution des investissements prévus selon les scénarios 1, 2 et 3.....	14
Figure 3 Évolution du taux de risque prévu selon les scénarios 1, 2 et 3.....	14

1 MISE EN CONTEXTE

2 Le Transporteur a présenté la stratégie de gestion de la pérennité des actifs dans les
3 demandes R-3641-2007 et R-3670-2008 relatives respectivement au budget des
4 investissements 2008 et 2009 pour les projets dont le coût individuel est inférieur à
5 25 M\$ (pièce HQT-2, Document 1 de chacune des demandes). Le Transporteur a
6 indiqué qu'il entendait poursuivre le développement, l'amélioration et l'évaluation de
7 sa stratégie.

8 Dans le cadre du développement de sa stratégie de gestion de la pérennité des
9 actifs, le Transporteur a complété en 2009 l'élaboration des critères de pérennité des
10 transformateurs de mesure et des autres équipements d'appareillage électrique et
11 mécanique ainsi que la stratégie de gestion de la pérennité des composants des
12 lignes aériennes de transport.

13 Le Transporteur présente les éléments qu'il a complétés en 2009 dans les sections
14 qui suivent.

15 1. CRITÈRES DE PÉRENNITÉ – APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE ET 16 MÉCANIQUE

17 La présente section décrit les critères de pérennité qui sont appliqués aux
18 transformateurs de mesure et les autres équipements d'appareillage électrique et
19 mécanique.

20 1.1 Critères de pérennité des transformateurs de mesure

21 Les critères de pérennité des transformateurs de mesure s'appuient sur une
22 approche de fiabilité des équipements. Cette méthode se fonde sur les faits archivés
23 et s'applique généralement, pour des raisons statistiques, à de grandes familles
24 d'équipements. Le nouveau rangement se fonde sur l'utilisation des critères suivants.

Critères	Description
Âge	Ce critère indique le nombre d'années d'utilisation. Cela permet d'identifier la conception de l'appareil.
Antécédent familial	Ce critère évalue la performance d'un équipement basé sur les antécédents de défaillance ou de rebut d'appareils identiques. Cela permet de faire ressortir les familles vétustes.
Fiabilité du transformateur de mesure	Ce critère évalue le taux de réparation de la famille du transformateur de mesure. Cela permet de faire ressortir les familles de transformateur de mesure de moindre fiabilité.

1 Une cote globale est attribuée à chaque transformateur de mesure selon les critères
 2 précédents afin de permettre un rangement global de la population d'appareils et de
 3 planifier les interventions.

4 **1.2 Critères de pérennité des autres équipements (jeux de barres,**
 5 **compresseurs d'air, parafoudres)**

6 Les critères de pérennité des autres équipements s'appuient sur l'âge des
 7 équipements. L'équipement est jugé préoccupant en vertu de ce critère s'il a dépassé
 8 75 % de sa durée de vie.

9 **2. GRILLE D'ANALYSE DU RISQUE DES LIGNES DE TRANSPORT**

10 Le Transporteur rappelle qu'il y a désormais deux grilles de risque distinctes : l'une
 11 pour les équipements des postes et des automatismes et l'autre pour les composants
 12 des lignes. Quoique visuellement semblables, ces grilles obéissent à des règles
 13 d'élaboration distinctes. Les règles concernant la grille d'analyse du risque spécifique
 14 aux lignes aériennes sont abordées au présent chapitre.

15 La grille d'analyse du risque des lignes aériennes est basée sur les mêmes concepts
 16 que celle des postes et des automatismes. Elle comporte deux axes, gradués de 1 à
 17 9. L'abscisse indique la cote de probabilité de la défaillance complète d'un
 18 composant. Le chiffre 9 correspond à la cote de probabilité la plus élevée.
 19 L'ordonnée indique la cote d'impact de la défaillance d'un composant. Le chiffre 9

1 correspond à la cote la plus élevée. Le niveau de risque d'un composant est le
2 produit de sa cote de probabilité par sa cote d'impact.

3 **2.1 Impact d'une défaillance d'un composant**

4 L'impact d'une défaillance entraînant la fin de vie d'un composant est exprimé par
5 une cote de 1 à 9.

6 L'impact est déterminé par l'établissement de quatre (4) cotes d'impact pondérées
7 établissant l'impact potentiel de la défaillance d'un composant sur

- 8 • le réseau et la qualité de service (40 %);
- 9 • la sécurité et l'environnement (30 %);
- 10 • le fonctionnement de la ligne (20 %);
- 11 • les coûts collatéraux (10 %).

12 La pondération des cotes d'impact vise à refléter l'importance relative des différents
13 facteurs de risque en se fondant sur l'expérience et le jugement des experts du
14 Transporteur.

15 **2.1.1 Impact sur le réseau et la qualité de service (40 %)**

16 La cote d'impact de la défaillance d'une ligne sur le réseau et la qualité de service est
17 établie en fonction du rangement stratégique des lignes selon les neuf paramètres
18 suivants :

- 19 • Tension nominale d'exploitation de la ligne ;
- 20 • Ligne radiale (absence de relève pour la charge d'un poste) ou redondante ;
- 21 • Ligne supportant un système de télécommunications ou de téléconduite ou
22 câble de garde isolé ;
- 23 • Ligne partageant un même corridor de lignes ;
- 24 • Ligne biterne ou ligne qui alimente un sous-réseau de transport ;
- 25 • Ligne avec déglaceur et/ou compensation série;
- 26 • Ligne alimentant un client industriel de forte charge (ex. Grandes
27 Entreprises) ;
- 28 • Ligne d'interconnexion ;
- 29 • Ligne à la sortie d'une centrale.

1 **2.1.2 Impact sur la sécurité et l'environnement (30 %)**

2 Cette cote d'impact mesure le degré de gravité des conséquences potentielles d'une
3 défaillance d'un composant sur la santé et la sécurité des employés et du public,
4 ainsi que sur l'environnement. La cote établit une différence entre les lignes qui
5 passent en milieu forestier, rural et urbain. Elle est en outre pondérée dans le cas des
6 sections de lignes qui traversent une route. Une pondération est appliquée à chaque
7 composant selon des critères établis par les experts du Transporteur.

8 En se fondant sur l'expérience et le jugement des experts du Transporteur, la cote
9 est établie en fonction de l'évaluation de l'impact :

- 10 • impact faible;
11 • impact moyen;
12 • impact élevé.

13 **2.1.3 Impact sur le fonctionnement de la ligne (20 %)**

14 Les différents composants d'une ligne n'ayant pas la même importance stratégique,
15 cette cote d'impact permet de les classer en fonction des conséquences d'une
16 défaillance sur le fonctionnement général d'une ligne. La cote d'impact sur le
17 fonctionnement d'une ligne est établie selon le composant principal en fonction de
18 son impact sur le réseau de transport d'électricité :

- 19 • Structure d'acier ou de bois ;
20 • Poteaux (portiques) ;
21 • Traverse ;
22 • Conducteurs ;
23 • Isolateurs ;
24 • Câbles de garde.

25 **2.1.4 Impact sur les coûts collatéraux (10 %)**

26 Cette cote d'impact vise à mesurer si la défaillance d'un composant risque d'entraîner
27 des coûts additionnels à son coût de remplacement, par suite de dommages causés
28 à des composants voisins.

1 En se fondant sur l'expérience et le jugement des experts du Transporteur, la cote
2 est établie en fonction de l'évaluation de l'impact :

- 3 • impact faible ;
- 4 • impact moyen ;
- 5 • impact élevé.

6 **2.2 Probabilité d'une défaillance d'un composant**

7 La probabilité est déterminée par l'établissement de deux (2) cotes de probabilité
8 pondérées établissant la probabilité de la défaillance d'un composant selon :

- 9 • l'état actuel et la performance de la ligne (80 %) ;
- 10 • la fiabilité de la ligne (20 %).

11 La pondération des cotes de probabilité vise à refléter l'importance relative des
12 différents facteurs de risque en se fondant sur l'expérience et le jugement des
13 experts du Transporteur.

14 **2.2.1 État actuel et performance de la ligne (80 %)**

15 La probabilité de la défaillance d'un composant selon l'état actuel et la performance
16 de la ligne tient compte des paramètres suivants :

17 *État de détérioration des composants*

18 À la suite de l'inspection des lignes, une évaluation de l'état de détérioration des
19 composants est réalisée selon les directives prescrites par les experts du
20 Transporteur. L'état des composants, au moment de l'analyse, est essentiel à
21 l'établissement de la probabilité de défaillance.

22 *Vieillesse des composants*

23 Cette cote permet de quantifier les mécanismes de dégradation dans le temps des
24 composants. Elle est fonction de l'âge des composants. Une pondération est
25 appliquée à chaque composant par les experts du Transporteur.

1 *Performance de la ligne*

2 Chaque ligne est évaluée selon sa performance à transiter l'énergie. Une cote
3 globale est attribuée à la ligne selon les critères de performance prescrits par les
4 experts du Transporteur. Cette cote est par la suite attribuée à chacun des
5 composants localisés sur cette ligne.

6 **2.2.2 Fiabilité de la ligne (20 %)**

7 Une cote de fiabilité est établie pour chaque ligne en fonction de ses charges de
8 conception en regard des charges climatiques normalisées. Cette cote est par la
9 suite attribuée à chacun des composants localisés sur cette ligne.

10 **2.3 Utilisation de la grille d'analyse du risque des lignes de transport**

11 Le Transporteur rappelle que les lignes souterraines n'apparaissent pas dans la grille
12 d'analyse du risque des lignes de transport. Ces lignes sont évaluées au cas le cas,
13 compte tenu de leur faible nombre.

14 Le Transporteur souligne que certains composants jugés à risque qui sont inclus
15 dans cette grille feront l'objet d'investissements de 25 M\$ et plus requérant une
16 autorisation spécifique de la Régie. Les autres composants jugés à risque, pour
17 lesquels il aura été établi en application de la stratégie de gestion de la pérennité
18 qu'une intervention doit être effectuée en 2011, sont inclus dans la présente
19 demande d'autorisation relative aux projets de moins de 25 M\$.

20 Les composants des lignes aériennes qui ont été évalués dans la grille d'analyse du
21 risque correspondent aux supports d'acier, poteaux, portiques, traverses, isolateurs,
22 câbles de garde et conducteurs.

Tableau 1
Grille d'analyse du risque des équipements de lignes aériennes (janvier 2010)

Nombre d'équipements par niveau de risque										
Impact	Probabilité									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
9	0	0	2	0	0	4	0	0	0	6
8	41	449	416	648	94	65	47	0	1	1 761
7	755	6 376	10 056	7 527	3 122	1 029	409	249	17	29 540
6	6 094	24 540	29 172	19 607	10 754	5 673	3 406	1 018	621	100 885
5	10 017	63 808	49 691	34 580	23 030	13 788	5 136	1 401	663	202 114
4	7 302	48 984	38 687	30 978	25 930	11 835	4 707	1 084	299	169 806
3	909	21 515	18 159	14 664	8 397	5 814	1 885	396	57	71 796
2	16	1 812	2 935	2 739	1 016	975	413	109	11	10 026
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	25 134	167 484	149 118	110 743	72 343	39 183	16 003	4 257	1 669	585 934

Equip. Vs risque	
Nb	%
Élevé 18	Élevé 0,00%
Fort 9 006	Fort 1,54%
Moyen 180 532	Moyen 30,81%
Faible 396 378	Faible 67,65%
Equip. à risque 189 556	Equip. à risque 32,35%

Taux de risque : 8,3	
-----------------------------	--

1 Le tableau 1 indique le nombre et le pourcentage des composants correspondant à
2 chaque niveau de risque et le taux de risque mesuré.

3 La répartition des composants le long de l'axe des probabilités est basée sur l'état
4 actuel, la performance et la fiabilité de la ligne.

5 Les composants à risque sont principalement les isolateurs, les poteaux et traverses
6 de bois et les composants de certaines lignes vétustes ciblées.

7 **3. REMPLACEMENT DES COMPOSANTS DES LIGNES AÉRIENNES**

8 Lorsqu'une intervention en pérennité s'impose, les composants sont remplacés.

9 Les composants sont soumis à un processus de normalisation et d'homologation
10 tenant compte des aspects suivants : performance technique, économie du coût
11 global (coût d'achat et coût d'utilisation), sécurité du personnel et environnement.

12 Le remplacement des composants aura pour effet d'ajuster l'âge et l'état des
13 composants, qui cesseront de figurer au nombre des équipements à risque.

14 **4. STRATÉGIE OPTIMALE D'INTERVENTION À LONG TERME DES LIGNES DE**
15 **TRANSPORT**

16 Le Transporteur a retenu trois scénarios, dont celui qu'il propose, pour illustrer la
17 démarche analytique qui l'a conduit au scénario retenu. Le Transporteur entend
18 démontrer ici que sa démarche est rigoureuse et que les considérations relatives aux
19 coûts et aux bénéfices ont été prises en considération dans la comparaison du
20 rendement des scénarios étudiés.

1 La démarche analytique réalisée pour les lignes de transport se résume comme suit :

- 2 • déterminer les cas limites, c'est-à-dire le scénario le plus à risque (risque
3 inconsidéré) mais le moins coûteux (si l'on excepte les conséquences) et le
4 scénario le moins à risque (tolérance zéro au risque) mais le plus coûteux;
5 • établir la relation entre le niveau de risque et l'investissement nécessaire;
6 • proposer un scénario (risque acceptable).

7 4.1 Scénarios d'interventions

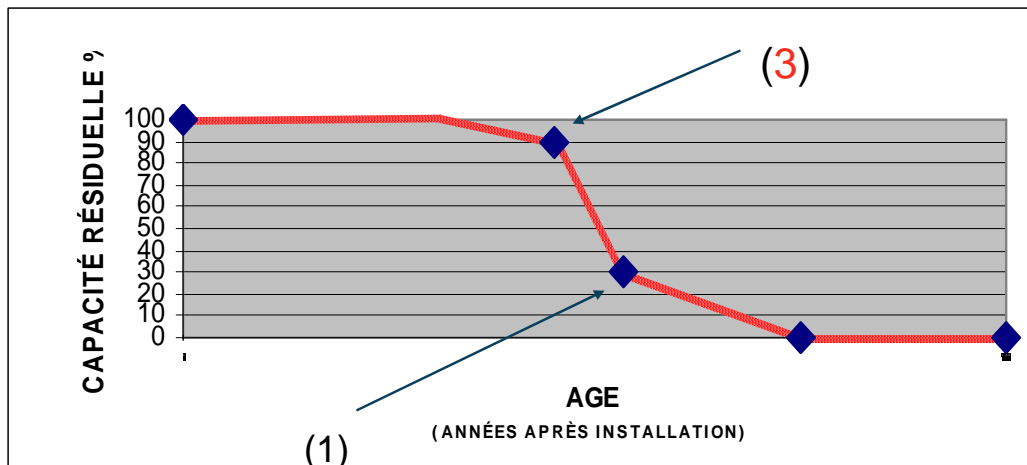
8 Tous les composants principaux sont pris en compte dans la grille d'analyse du
9 risque des lignes de transport. Des courbes de vieillissement ont été développées
10 pour tous ces composants et leurs comportements en vieillissement ont été
11 paramétrés dans l'outil de simulation.

12 **Scénario 1 – Attente de la dégradation d'un composant (cas limite inférieur)**

13 Le scénario 1 permet de visualiser les conséquences d'une stratégie consistant à
14 attendre que la dégradation d'un composant ne lui permette pas de résister aux
15 charges de tous les jours avant de procéder à son remplacement au point 1 sur la
16 figure 1 suivante.

17 Le scénario 1 est celui qui illustre le mieux ce qui arriverait si la seule stratégie
18 consistait à attendre la dégradation des composants, sans tenir compte des signes
19 précurseurs de dégradation et de l'état observé. C'est le scénario le plus risqué.

Figure 1
Courbe de dégradation de la capacité mécanique en fonction des années



1 **Scénario 2 – Attente de la dégradation avant la charge de conception**

2 Dans une perspective de saine gestion, le Transporteur a remplacé plusieurs
3 composants avant leur défaillance réelle, à la suite de l'identification de symptômes
4 précurseurs de dégradation prochaine par ses experts techniques. Le remplacement
5 est réalisé entre le point 1 (charge de tous les jours) et le point 3 (charge de
6 conception) sur la figure 1 précédente.

7 **Scénario 3 – Maintien du risque au minimum (cas limite supérieur)**

8 Le scénario 3 permet d'évaluer les ressources nécessaires pour maintenir le risque
9 au minimum en utilisant la courbe de dégradation de la capacité mécanique en
10 fonction des années. Ce niveau de risque correspond à une planification des
11 interventions (remplacement) le plus près possible de la charge de conception au
12 point 3 (charge de conception) de la figure 1 précédente lorsque le composant a
13 perdu 10 % de sa résistance mécanique. C'est à ce point qu'on obtient un niveau
14 minimal de risque. Il s'agit du plus coûteux des scénarios. La tolérance aux risques
15 liés à la pérennité y est nulle.

16 Les figures 2 et 3 illustrent et permettent de comparer l'évolution des investissements
17 et du taux de risque prévus selon les scénarios 1, 2 et 3.

Figure 2
Évolution des investissements prévus selon les scénarios 1, 2 et 3

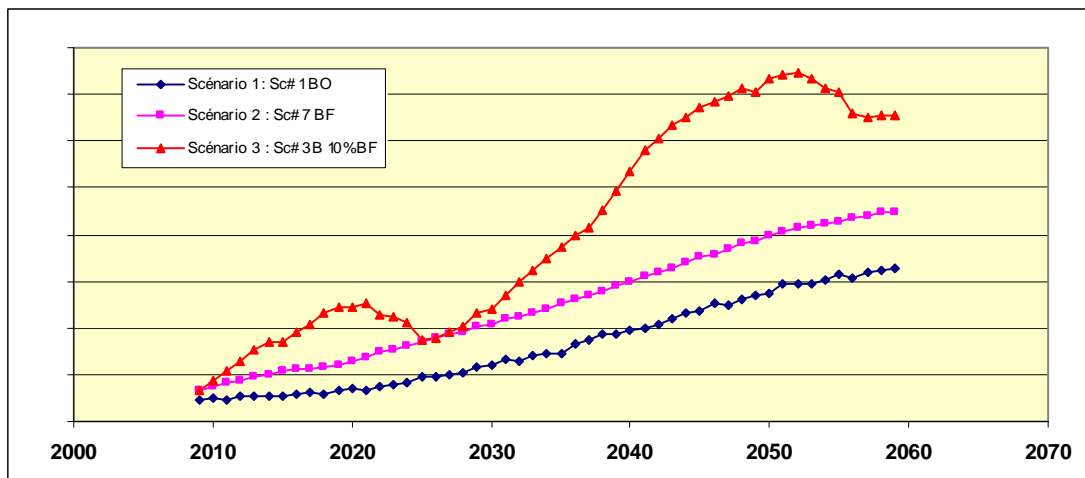
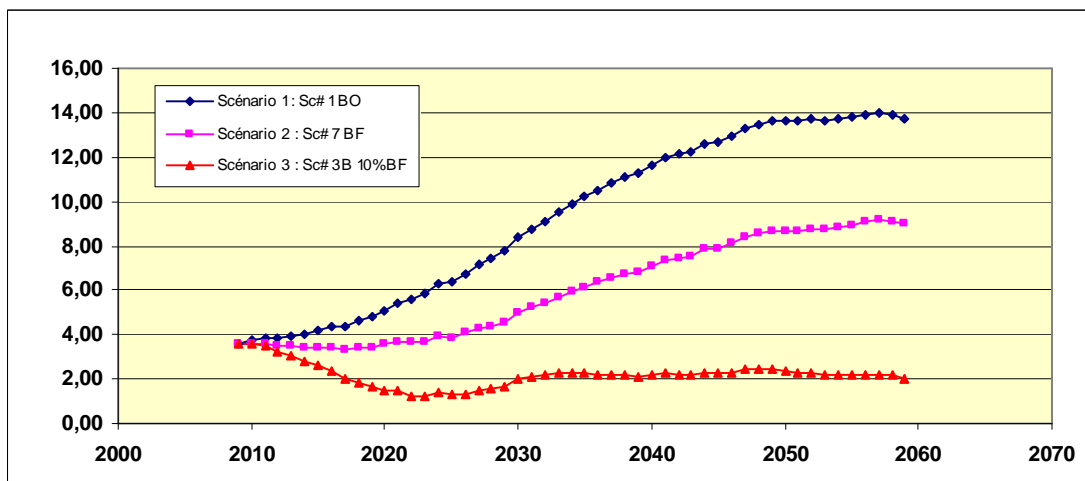


Figure 3
Évolution du taux de risque prévu selon les scénarios 1, 2 et 3



Analyse des scénarios 1, 2 et 3

Selon les courbes du scénario 3 (SC#3B 10%BF des figures 2 et 3 précédentes), un investissement important serait nécessaire à l'atteinte d'un niveau de risque minimal, où le risque minimal ne serait pas atteint avant 20 ans. Le Transporteur observe des investissements importants qui sont associés à la construction des différentes phases du réseau de transport, soit le réseau à 315 kV en 1950 et le réseau à 735 kV dans les années 70.

Selon les courbes du scénario 1 (SC#1 BO des figures 2 et 3 précédentes), le Transporteur observe une augmentation appréciable du taux de risque prévu avec un investissement minimal.

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10

1 **Scénario retenu**

2 Le scénario retenu par le Transporteur vise à établir le niveau d'investissement
3 optimal pour la pérennité des composants des lignes aériennes à long terme tout en
4 contrôlant le taux de risque. Ce niveau d'investissement optimal prend en
5 considération plusieurs facteurs dont les risques encourus, les ressources financières
6 et humaines requises, ainsi que l'âge et le taux de défaillance du parc des
7 composants. Afin de gérer adéquatement le parc des composants vieillissants, le
8 Transporteur juge opportun d'étaler dans le temps les interventions et les
9 investissements afin de planifier les besoins additionnels en main-d'œuvre et la
10 disponibilité des composants sur le réseau de transport.

11 À la suite de cette analyse, le Transporteur propose une gestion en boucle fermée de
12 la pérennité des composants des lignes aériennes. Les équipements gérés en boucle
13 fermée visent un taux de risque contrôlé avec les courbes de dégradation de la
14 capacité mécanique.

15 Le Transporteur limite l'augmentation des ressources à 5 % par année. Le taux de
16 risque prévu continuera donc à augmenter pour se stabiliser à long terme.

17 **4.2 Cas particulier de l'Île de Montréal**

18 Les remplacements des composants de lignes pour l'île de Montréal sont déterminés
19 par l'application de la planification intégrée et tiennent compte des besoins de
20 croissance. Selon cette approche, l'orientation retenue pour la zone de l'île de
21 Montréal vise la conversion graduelle des lignes à 120 kV vers le 315 kV.

1 **CONCLUSION**

2 Le Transporteur a complété l'élaboration des critères de pérennité des
3 transformateurs de mesure et des autres équipements d'appareillage électrique et
4 mécanique.

5 De plus, il a mis au point la grille d'analyse du risque des lignes aériennes de
6 transport, ce qui lui permet d'intégrer les éléments propres aux lignes afin d'évaluer le
7 niveau d'intervention et d'investissement optimal.

8 La stratégie optimale à long terme est fonction du profil de vieillissement et du taux
9 de détérioration observé de l'état (vétusté). La nouvelle stratégie de gestion de la
10 pérennité des lignes aériennes en est à une étape de déploiement.