

**STRATÉGIE DE GESTION DE LA PÉRENNITÉ
DES ACTIFS DU TRANSPORTEUR**

Stratégie de gestion de la pérennité des actifs du Transporteur

JUILLET 2008

Table des matières

GLOSSAIRE	7
INDEX DES MODIFICATIONS APPORTÉES	8
1. MISE EN CONTEXTE	12
1.1 RÉSEAU VIEILLISSANT	12
1.2 DÉMARCHE POUR DÉTERMINER LES INVESTISSEMENTS REQUIS	17
2. ÉQUIPEMENTS DU RÉSEAU DE TRANSPORT	18
2.1 POSTES	18
2.2 ÉQUIPEMENTS DISJONCTEURS	18
2.3 ÉQUIPEMENTS SECTIONNEURS.....	19
2.4 ÉQUIPEMENTS DE TRANSFORMATION ET INDUCTANCES	20
2.5 ÉQUIPEMENTS DE COMPENSATION	23
2.6 SYSTÈMES D'AUTOMATISMES	24
2.7 AUTRES ÉQUIPEMENTS	25
2.8 ÉQUIPEMENTS CIVILS.....	27
2.9 LIGNES.....	28
3. ÉLABORATION DES CRITÈRES DE PÉRENNITÉ	30
3.1 CRITÈRES DE PÉRENNITÉ ET ANALYSES TECHNIQUES SPÉCIFIQUES	30
3.1.1 <i>Appareillage électrique et mécanique</i>	31
3.1.1.1 Critères de pérennité des disjoncteurs.....	31
3.1.1.2 Critères de pérennité des sectionneurs.....	33
3.1.1.3 Critères de pérennité des équipements de transformation et inductances.....	35
3.1.1.4 Analyses techniques spécifiques des équipements de compensation	36
3.1.1.5 Analyses techniques spécifiques des autres équipements (jeux de barres, compresseurs d'air, groupes électrogènes, parafoudres)	37
3.1.2 <i>Critères de pérennité des systèmes d'automatismes</i>	37
3.1.3 <i>Analyses techniques spécifiques aux équipements civils</i>	40
3.1.4 <i>Critères de pérennité des lignes de transport</i>	40
3.1.4.1 Lignes aériennes	41
3.1.4.2 Lignes souterraines	42
3.1.5 <i>Élaboration et révision des critères de pérennité</i>	42

3.2 ÉVALUATION DE L'ÉTAT	42
4. ÉVALUATION DU RISQUE	44
4.1 GRILLE D'ANALYSE DU RISQUE SPÉCIFIQUE AUX POSTES	46
4.1.1 <i>Axe des impacts d'une fin de vie d'un équipement (axe Y des ordonnées)</i>	46
4.1.1.1 Impact sur le réseau et la clientèle (40 pour cent)	47
4.1.1.2 Impact sur le fonctionnement du poste (20 pour cent)	48
4.1.1.3 Impact sur la sécurité du public ou du personnel (20 pour cent)	49
4.1.1.4 Impact sur l'environnement (10 pour cent)	49
4.1.1.5 Impact sur les coûts collatéraux (10 pour cent)	50
4.1.2 <i>Axe des probabilités d'une défaillance de fin de vie d'un équipement (axe X des abscisses)</i>	50
4.1.2.1 Disjoncteurs et sectionneurs	51
4.1.2.2 Équipements de postes avec modèle de vieillissement	51
4.1.2.3 Systèmes d'automatismes	53
4.1.2.4 Autres équipements de postes sans modèle de vieillissement	53
4.2 GRILLE D'ANALYSE DU RISQUE SPÉCIFIQUE AUX LIGNES	54
4.2.1 <i>Impact d'une défaillance d'un équipement</i>	55
4.2.1.1 Impact sur le réseau et la clientèle	55
4.2.1.2 Impact sur le fonctionnement des lignes	56
4.2.1.3 Impact sur la sécurité et l'environnement	57
4.2.1.4 Impact sur les coûts collatéraux	57
4.2.2 <i>Probabilité d'une défaillance d'un équipement</i>	58
4.2.2.1 État de détérioration de l'équipement	58
4.2.2.2 Vieillessement de l'équipement	58
4.2.2.3 Performance de la ligne	58
4.2.2.4 Fiabilité de la ligne	58
4.3 L'UTILISATION DE LA GRILLE D'ANALYSE DU RISQUE	59
4.4 GRILLE D'ANALYSE DU RISQUE PAR FAMILLE D'ACTIFS HOMOGENES	61
4.4.1 <i>Équipements disjoncteurs</i>	62
4.4.2 <i>Équipements sectionneurs</i>	63
4.4.3 <i>Équipements de transformation et Inductances</i>	63
4.4.4 <i>Équipements de compensation (batteries de condensateur)</i>	64
4.4.5 <i>Autres équipements</i>	64

4.4.6	Systèmes d'automatismes.....	65
4.4.7	Équipements civils.....	66
4.4.8	Lignes de transport.....	67
5.	PORTEFEUILLE DE SOLUTIONS (REMPLACEMENT OU REMISE À NEUF).....	68
6.	ÉVALUATION DU NIVEAU D'INVESTISSEMENT OPTIMAL.....	70
6.1	MODÈLE PRÉVISIONNEL DE VIEILLISSEMENT DES ÉQUIPEMENTS.....	70
6.1.1	Modélisation du vieillissement à partir des courbes.....	71
6.2	MODÈLE D'UTILISATION DES RESSOURCES REQUISES.....	75
6.3	PARAMÈTRES DE LA SIMULATION	75
6.4	INTÉGRATION DE LA GRILLE D'ANALYSE DU RISQUE	76
6.5	TYPES DE SIMULATIONS	76
6.5.1	Simulation en boucle ouverte.....	76
6.5.2	Simulation en boucle fermée.....	77
7.	STRATÉGIE OPTIMALE D'INTERVENTION À LONG TERME	79
7.1	STRATÉGIE OPTIMALE D'INTERVENTION IMPLIQUANT DES ÉQUIPEMENTS AVEC PROFIL DE VIEILLISSEMENT	79
7.1.1	Appareillage.....	79
7.1.1.1	Scénarios d'interventions	80
	Scénario 1 – Attente de la défaillance historique de fin de vie de l'équipement.....	81
	Scénario 2 – Attente de la défaillance avec prédicteur amélioré (cas limite inférieur)	81
	Scénario 3 – Maintien du risque au minimum (cas limite supérieur).....	82
	Scénario 4 – Recherche du risque constant (simulation en boucle fermée)	84
	Scénario proposé	85
	Définitions reliées aux figures 22 et 24.....	88
	Prévisions associées au scénario proposé.....	88
7.1.2	Équipements civils.....	92
7.1.3	Lignes.....	92
7.2	STRATÉGIE OPTIMALE D'INTERVENTION SANS PROFIL DE VIEILLISSEMENT.....	93
7.2.1	Systèmes d'automatismes	93
7.3	CAS PARTICULIER DE L'ÎLE DE MONTRÉAL.....	94

8. SUIVI ET ÉVALUATION ET DE LA STRATÉGIE.....	96
8.1 SUIVI DE LA STRATÉGIE.....	96
8.2 ÉVALUATION DE LA STRATÉGIE D'INVESTISSEMENTS EN PÉRENNITÉ	97
8.2.1 <i>Source des données d'analyse</i>	97
8.2.2 <i>Analyse de la stratégie d'investissements</i>	99
8.2.3 <i>Démarche analytique du Transporteur (Se référer au tableau 14)</i>	102
8.2.4 <i>Analyses de la stratégie d'investissements par familles d'actifs</i>	105
8.2.4.1 <i>Familles d'actifs avec risque contrôlé - Exemple des disjoncteurs</i>	106
8.2.4.2 <i>Familles d'actifs gérées en boucle ouverte - Exemple des sectionneurs</i>	109
8.2.5 <i>Limites quant aux analyses par familles d'actifs</i>	112
9. ACTIVITÉS DE MAINTENANCE LIÉES À LA STRATÉGIE DE PÉRENNITÉ	113
10. IMPACT DE LA STRATÉGIE SUR L'INDICE DE CONTINUITÉ	114
CONCLUSION	116

Glossaire

Catégorie d'équipement : type de technologie (SF6, gros volume d'huile)

Famille d'équipement : regroupement d'équipements de conception ou de gestion similaire

Famille (classe) d'actifs homogènes qui ont la même fonctionnalité telle que décrit dans la section 2 du présent document

Prédicteur : variable prédictive dont les valeurs permettent de prédire celles de la variable critère, dans le domaine statistique

RAN : Remise à neuf

Index des modifications apportées

Cette section présente les principales modifications entre le présent document et la pièce HQT-2, Document 1, déposée à la Régie de l'énergie dans le cadre de la demande relative au budget des investissements 2008 pour les projets de moins de 25 M\$ (R-3641-2007). Les modifications sont indiquées selon leur ordre d'occurrence en référence aux chapitres, sections et pages du présent document.

Chapitre 1 - Mise en contexte

Section 1.1, figure 3

La figure 3 illustre l'introduction dans le temps des remplacements et des remises à neuf prévus par la stratégie de gestion de la pérennité pour les actifs des postes du Transporteur en dollars constants. La figure 3 permet de comprendre comment l'historique d'introduction des équipements conditionne l'évolution des coûts futurs (la phase actuelle d'augmentation des coûts).

Chapitre 3 – Élaboration des critères de pérennité

Section 3.1.1.3

Les critères de pérennité des transformateurs de puissance et des inductances ont été révisés en 2007. Le résultat est présenté ici.

Section 3.2

Le texte sur l'évaluation de l'état a été enrichi.

Chapitre 4 – Évaluation du risque

Section 4.1

Il s'agit de la refonte de la section sur l'évaluation du risque pour y introduire des améliorations issues notamment des recommandations du Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO). Les principales améliorations sont les suivantes.

- Graduation des axes de 1 à 9 (recommandation du CIRANO) pour éliminer la graduation zéro (0). Cela élimine le risque nul et permet d'inclure tous les équipements dans la matrice .
- Calculs faits en nombres réels et arrondis à la fin à l'entier le plus proche.
- Évaluation de l'axe des probabilités à partir de la courbe de vieillissement ($\Lambda(t)$) du taux de défaillance de fin de vie des équipements.
- Évaluation de l'axe des probabilités des disjoncteurs et des sectionneurs à partir de la courbe de vieillissement ($\Lambda(t)$) du taux de défaillance de fin de vie des équipements..
- Amélioration de l'évaluation de l'axe des probabilités des équipements sans courbe de vieillissement.

Section 4.2

La nouvelle grille d'analyse du risque pour les lignes est introduite.

Section 4.3

La notion de « Taux de risque » est introduite.

Chapitre 6 – Évaluation du niveau d'investissement optimal

Section 6.3

Le simulateur a été enrichi en regard des nouveaux critères d'asservissement supportés : les coûts, la main-d'œuvre, le nombre d'interventions et les risques ajoutés à l'âge des actifs déjà supporté.

Chapitre 7 – Stratégie optimale d'intervention à long terme

Section 7.1.1

Des améliorations ont été apportées aux scénarios des simulations en appareillage consécutives aux améliorations à la grille des risques et aux nouveaux critères d'asservissement supportés.

- Utilisation du « Taux de risque » (plus précis et pertinent) en remplacement du pourcentage des équipements à risque utilisé l'an dernier (**figure 19**).
- Remplacement, grâce au nouvel asservissement sur le risque, des scénarios 4 et 5 utilisés l'an dernier par un seul scénario 4 permettant d'éliminer l'analyse, par itérations, qui était nécessaire pour trouver les paramètres de maintien du risque constant. Le nouvel asservissement confirme les résultats obtenus l'an dernier par itérations..
- Refonte du texte relatif au scénario proposé par le Transporteur pour refléter les améliorations apportées aux scénarios des simulations. Le scénario proposé demeure le même quant à ses principes directeurs et aux résultats attendus. Introduction de notions et d'un vocabulaire sur le risque.

Section 7.1.3

Le Transporteur présente les bilan et pronostic quant à l'évolution de la stratégie de gestion des lignes à la suite des travaux réalisés en 2007-2008.

Section 7.2.1

Des améliorations ont été apportées à la stratégie de gestion des automatismes et sont présentées.

Section 7.3

Des précisions sont apportées sur le cas de l'Île de Montréal.

Chapitre 8 – Suivi et évaluation de la stratégie

Le Transporteur fournit des informations sur le suivi de la stratégie et présente des informations détaillées sur l'évaluation de la stratégie d'investissements en pérennité.

Chapitre 9 – Impact de la stratégie sur l'indice de continuité

Le Transporteur fait le point sur la difficulté qu'il rencontre à quantifier l'impact des interventions réalisées sur l'indice de continuité de service (IC).

1. Mise en contexte

1.1 Réseau vieillissant

À sa création, en 1944, Hydro-Québec hérite des installations de la Montreal Light Heat and Power, dont certaines datent du début du siècle. Quelques années plus tard, en 1950, l'entreprise fait l'acquisition du réseau du Nord-Ouest québécois, déjà exploité par le gouvernement du Québec depuis neuf ans. Parallèlement à la construction des centrales hydroélectriques, Hydro-Québec développe son réseau de transport. Entre 1956 et 1960, un réseau à 315 kV est construit pour acheminer l'électricité de la Côte-Nord vers Québec et Montréal.

L'essor des années 1960-1970 donne lieu à la construction de plusieurs infrastructures essentielles à la société québécoise : autoroutes, aqueducs, métro de Montréal, réseau hospitalier, etc. Le réseau de transport d'électricité connaît un essor semblable, s'ajustant à la croissance de la demande des clients et à la mise en valeur des ressources hydroélectriques du Québec. Après l'inauguration du barrage Daniel-Johnson à Manic-5 en 1968, Hydro-Québec signe l'année suivante un contrat avec la Churchill Falls (Labrador) Corporation et entreprend deux années plus tard l'aménagement du complexe La Grande à la Baie James. Entre 1970 et 1980, la puissance installée disponible au Québec est doublée.

Comme ces installations de production sont toutes situées à une grande distance des principaux centres de consommation, des postes et des lignes à très haute tension doivent être construits pour acheminer l'électricité jusqu'aux clients. Il en résulte aujourd'hui que plus de 60 pour cent des équipements du réseau de transport sont âgés de 20 ans et plus (voir figure 1). Depuis la fin des années 90, avec des taux de croissance moindres et un réseau de transport d'électricité vieillissant, la gestion de la pérennité prend une place de plus en plus importante.

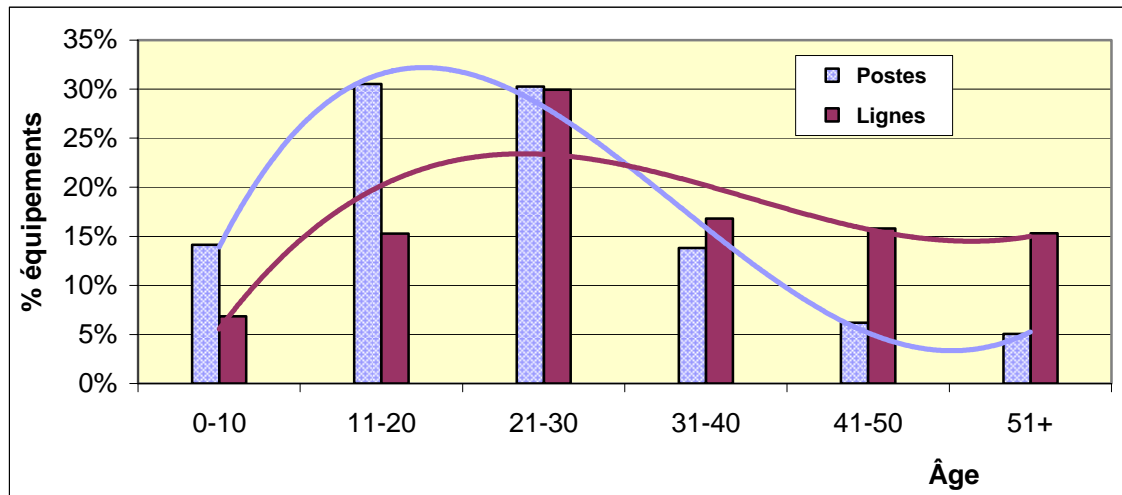


Figure 1 – Profil d'âge des équipements postes et lignes (janvier 2008)

Cette problématique n'est pas spécifique au Québec. Plusieurs entreprises de services publics au Canada, aux États-Unis et en Europe sont aussi confrontées aux pressions qu'exerce la nécessité d'investir massivement dans le maintien des actifs.

Au Québec, un nombre important d'équipements du réseau de transport auront atteint la fin de leur vie utile d'ici dix ans, car la moyenne des vies utiles correspond à l'âge du réseau Manic-Québec-Montréal. La figure 2 illustre comment évoluerait la proportion d'équipements dépassant leur vie utile (zone bleue) entre 2008 et 2018 si aucun investissement n'était fait en pérennité.

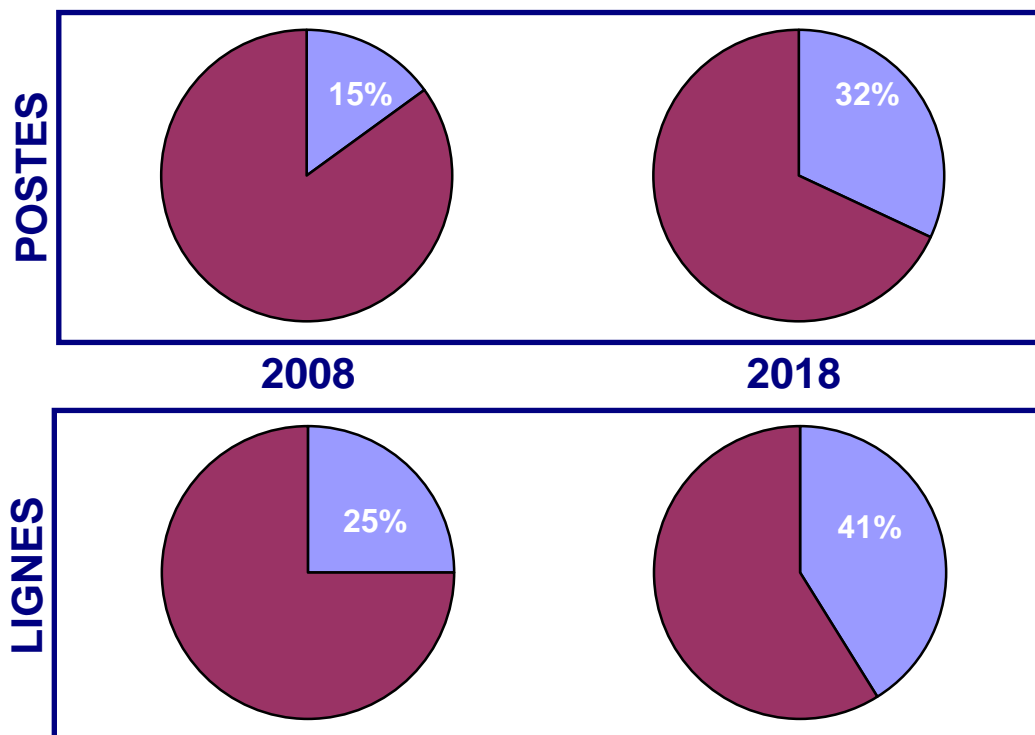


Figure 2 - Profil de vieillissement 2008-2018 sans investissement en pérennité

Par exemple, en l'absence d'investissement en pérennité, 53 pour cent des disjoncteurs (postes) et 51 pour cent des isolateurs (lignes) dépasseraient leur vie utile en 2018.

Depuis 2003, les investissements du Transporteur en maintien des actifs ont connu une croissance significative.

Au rythme actuel des investissements, le réseau continue de vieillir et les interventions ciblées ne permettent pas de stabiliser l'âge moyen des équipements. La situation sera aggravée par la vague d'équipements qui dépasseront leur vie utile au cours des prochaines années. La figure 3 illustre bien la cause du phénomène de vague attendue et sa nature cyclique à très long terme.

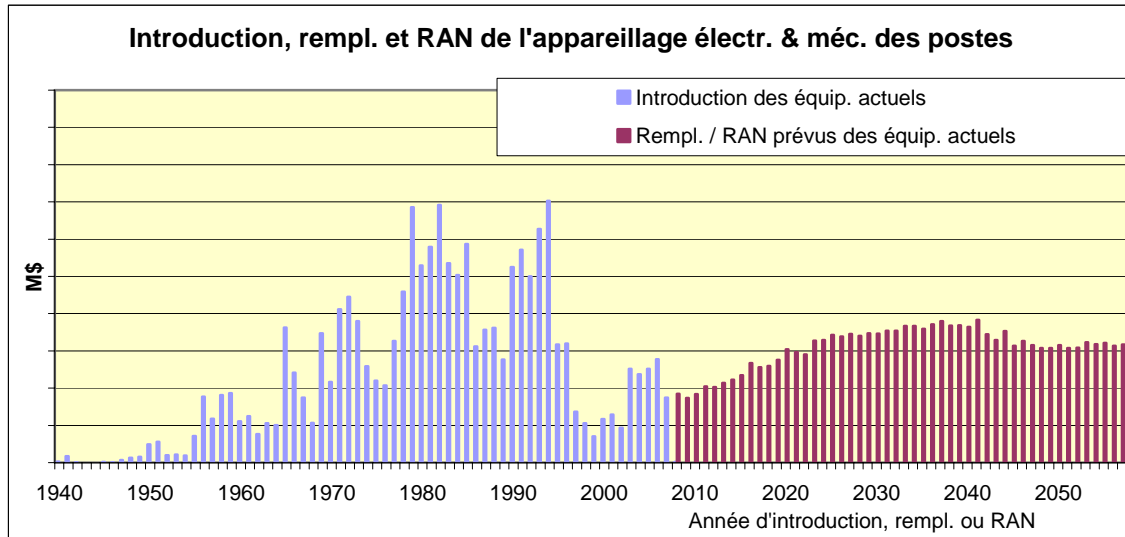


Figure 3 - Valeur de l'appareillage (en service) électrique et mécanique des postes

Différents scénarios peuvent être envisagés pour estimer quel serait le niveau d'investissement requis pour stabiliser l'âge moyen du parc. À titre d'exemple, la figure 4 illustre l'impact sur l'âge moyen des équipements de trois scénarios d'investissements : le scénario d'investissements actuel (orangé), le scénario optimal visé par la présente stratégie de gestion de la pérennité (bleu) et le scénario requis pour stabiliser l'âge moyen des équipements au niveau de leur vie utile (rouge).

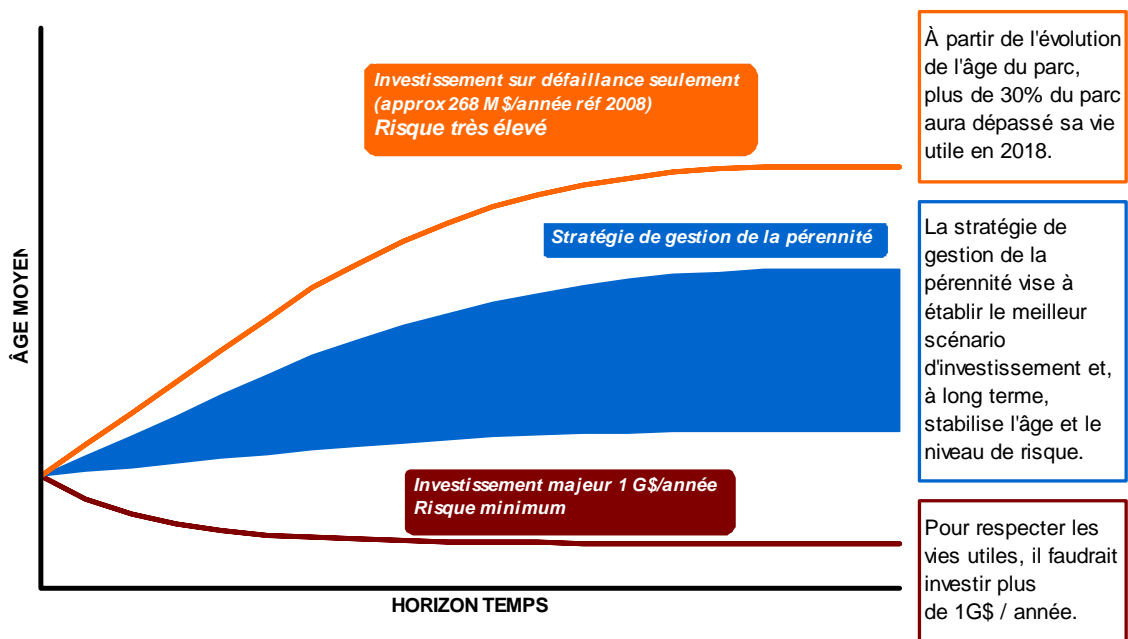


Figure 4 – Impact des scénarios d'investissement sur l'âge moyen des équipements

Dans un tel contexte, le Transporteur juge nécessaire d'agir immédiatement pour :

- maintenir le niveau de qualité du service à ses clients;
- maintenir la capacité de transit dans un contexte de sollicitation croissante des équipements;
- maintenir le niveau de sécurité de ses employés et du public;
- éviter que les projets d'interventions en pérennité entraînent une augmentation soudaine des investissements, des besoins en main-d'œuvre et de l'indisponibilité des équipements.

1.2 Démarche pour déterminer les investissements requis

Le Transporteur souligne que la démarche qu'il utilise pour déterminer les investissements relatifs aux actifs du réseau de transport d'électricité, qui s'appuie sur la stratégie de gestion de la pérennité des actifs, est décrite en détail à la pièce HQT-1, Document 1.2.

2. Équipements du réseau de transport

Le réseau de transport québécois, qui figure parmi les plus étendus au monde, est une infrastructure très importante. Il compte 509 postes regroupant quelque 155 000 équipements et plus de 33 000 kilomètres de lignes, dont 190 kilomètres en souterrain.

Les données pertinentes relatives à chacun de ces équipements sont consignées : date de mise en service, rapports d'inspection et d'analyses techniques, interventions de maintenance, d'entretien ou de remise à neuf. Lorsque cela s'applique, le Transporteur dispose également des données relatives au nombre d'heures d'utilisation ou au nombre d'opérations enregistrées.

Cette section présente les caractéristiques et le profil des différents équipements du réseau de transport d'électricité.

2.1 Postes

Un poste est un lieu physique intégrant des équipements (ex. : disjoncteurs, sectionneurs, transformateurs de puissance, batteries de condensateurs, équipements civils et autres) et des systèmes (ex. : automatismes).

2.2 Équipements disjoncteurs

Le disjoncteur a pour fonction principale d'interrompre des courants de charge ou de défaut. Il s'agit d'un appareil de protection essentiel, car il permet d'interrompre un courant de court-circuit et d'éviter ainsi tout dommage au matériel connecté sur le réseau.



Photo 1 – Disjoncteur dans un poste à 735 kV

En 2008, le réseau de transport comptait plus de 8 000 disjoncteurs (12 kV et plus), dont environ 500 disjoncteurs réenclencheurs. Plus de 25 pour cent des disjoncteurs ont dépassé leur durée de vie de 30 ans alors que plus de 45 pour cent des disjoncteurs réenclencheurs ont dépassé leur durée de vie de 25 ans. L'âge moyen du parc des disjoncteurs est de 24 ans.

2.3 Équipements sectionneurs

Le sectionneur est un appareil électromécanique qui permet d'isoler un circuit électrique de son alimentation en assurant une distance d'isolement généralement visible pour l'opérateur, sauf dans le cas des postes blindés. Le sectionneur doit pouvoir supporter le courant nominal ainsi que des courants de court-circuit pendant de courtes périodes.



Photo 2 – Sectionneur dans un poste à 230 kV

En 2008, le réseau de transport d'électricité comptait environ 32 000 sectionneurs en service. Environ 16 pour cent des sectionneurs ont dépassé leur durée de vie de 40 ans. L'âge moyen des sectionneurs est de 25 ans.

2.4 Équipements de transformation et inductances

Les équipements de transformation comprennent principalement quatre types d'appareils ayant des éléments de conception similaire : les transformateurs de puissance, les inductances shunt, les inductances à noyau d'air et les transformateurs de mesure.

Le transformateur de puissance a pour fonction de convertir la tension et le courant, tandis que l'inductance est un élément de compensation permettant de corriger le facteur de puissance. Le transformateur de mesure, pour sa part, a pour fonction de mesurer la tension et/ou le courant.



Photo 3 – Transformateur de puissance

Le tableau 1 indique le nombre approximatif et la durée de vie des équipements de transformation en service en 2008.

Équipements de transformation	Nombre approximatif	Durée de vie (ans)
Transformateurs de puissance (151 kV et moins)	1200	40
Transformateurs de puissance (151 - 450 kV)	600	50
Transformateurs de puissance (450 kV et plus)	300	40
Inductances shunt (151 - 450 kV)	15	50
Inductances shunt (450 kV et plus)	300	35
Inductances séries	3300	40
Transformateurs de mesure (12 kV et plus)	18300	30

Tableau 1 – Nombre approximatif et durée de vie des équipements de transformation

L'âge moyen des transformateurs de puissance (34 kV et plus) du réseau de transport est de 30 ans. Environ 10 pour cent des transformateurs de puissance de moins de 150 kV, 5 pour cent des transformateurs de puissance de 151 kV à 450 kV et 10 pour cent des transformateurs de puissance de plus de 450 kV ont dépassé leur durée de vie. Au total, 8 pour cent des transformateurs de puissance (34 kV et plus) ont dépassé leur durée de vie.

L'âge moyen des inductances shunt du réseau de transport est de 22 ans. Environ 11 pour cent des inductances shunt de 450 kV et plus ont dépassé leur durée de vie.

L'âge moyen des inductances à noyau d'air est de 22 ans. Environ 3 pour cent de ces inductances ont dépassé leur durée de vie.

L'âge moyen des transformateurs de mesure est de 20 ans. Environ 17 pour cent des transformateurs de mesure ont dépassé leur durée de vie.

2.5 Équipements de compensation

Les équipements de compensation comprennent les compensateurs statiques (CLC), les compensateurs synchrones (CS), les batteries de condensateurs shunt et les équipements de compensation série (CXC). Tous ces appareils ont pour fonction d'absorber ou de fournir de la puissance réactive. Les équipements de compensation comprennent aussi les convertisseurs à courant continu qui permettent des échanges d'électricité avec les réseaux voisins.

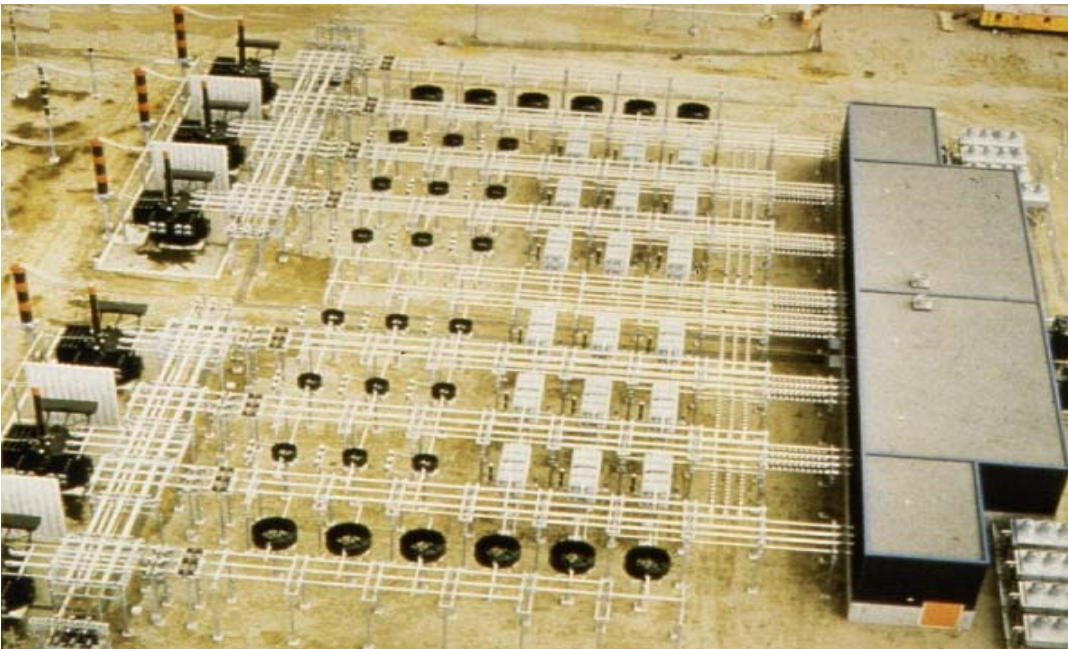


Photo 4 – Compensateur statique (CLC)

En 2007, le réseau de transport comptait 14 compensateurs statiques, 9 compensateurs synchrones, 1 450 batteries de condensateurs shunt (12 kV et plus), 37 équipements de compensation série et 6 convertisseurs à courant continu. La durée de vie des compensateurs statiques est actuellement de 40 ans, mais elle doit être révisée à la baisse compte tenu de leur état et de leur performance. La durée de vie des compensateurs synchrones est de 35 ans et celle des batteries de condensateurs shunt est de 30 ans, alors que celle des équipements de compensation série est de 40 ans. La durée de vie des convertisseurs à courant continu est actuellement de 40 ans, mais elle doit aussi être révisée à la baisse compte tenu de leur état et de leur performance.

Les compensateurs synchrones n'ayant pas fait l'objet d'une remise à neuf ont atteint leur durée de vie, de même que certains compensateurs statiques et certains systèmes de convertisseurs.

L'âge moyen des batteries de condensateurs shunt est de 18 ans. Environ 4 pour cent de ces batteries de condensateurs ont dépassé leur durée de vie.

Aucun des équipements de compensation série n'a encore dépassé sa durée de vie.

2.6 Systèmes d'automatismes

Un système d'automatismes est constitué d'une chaîne d'éléments (relais simples ou complexes, unités fonctionnelles, etc.) situés dans un seul poste ou dans un ensemble de postes. Il a pour rôle d'exécuter une ou plusieurs fonctions automatisées.

En 2008, le réseau de transport comptait plus de 44 600 systèmes d'automatismes regroupés selon leurs fonctions dans les huit familles suivantes.

Les systèmes de protection (plus de 25 800 systèmes) protègent les équipements et les lignes contre les événements pouvant perturber leur fonctionnement ou les endommager. Ces systèmes ont un impact important sur la performance du réseau.

Les systèmes de commande (plus de 2 600 systèmes) permettent d'actionner localement ou à distance différents équipements. Ces systèmes ont un impact important sur la performance du réseau.

Les automatismes de réseau (environ 900 systèmes) sont répartis dans plusieurs postes. Ils maintiennent l'équilibre entre la production et la consommation du réseau et ils préservent l'intégrité des équipements et la stabilité du réseau en cas d'événement majeur.

Les automatismes locaux (plus de 4 200 systèmes) remplissent des fonctions automatisées spécifiques à l'intérieur d'une seule installation.

Les automatismes de mesure (plus de 8 100 systèmes) fournissent la mesure des paramètres nécessaires à l'exploitation du réseau et à la facturation des services de transit. Certains de ces systèmes ont un impact important sur la performance du réseau.

Les systèmes de surveillance (environ 1 100 systèmes) surveillent en temps réel le

comportement du réseau ou d'une portion du réseau afin de détecter toute perturbation ou événement susceptible de l'affecter.

Les systèmes d'alimentation (plus de 1 100 systèmes) utilisent des accumulateurs-chargeurs pour alimenter en courant continu les différents équipements. Ces systèmes ont un impact important sur la performance du réseau.

Les systèmes d'automatismes des équipements particuliers (plus de 600 systèmes) comprennent tous les systèmes reliés à des équipements particuliers ayant pour fonction de contribuer à l'équilibre du réseau ou au transfert d'énergie entre deux réseaux. Ces systèmes ont un impact important sur la performance du réseau.

2.7 Autres équipements

Cette catégorie comprend les jeux de barres, les systèmes d'air comprimé, les parafoudres et les groupes électrogènes.

En 2008, le réseau de transport comptait environ 8 000 jeux de barres, 400 compresseurs d'air, 130 sécheurs d'air comprimé, 10 000 parafoudres et 35 groupes électrogènes.

Un **jeu de barres** est un conducteur tendu (jeu de barres tendues) ou supporté par des isolateurs (jeu de barres rigides) isolé dans l'air ou dans une enceinte blindée isolée au SF₆ (barres blindées au SF₆). La durée de vie d'un jeu de barres est de 40 ans et 17 pour cent des jeux de barres l'ont dépassée.



Photo 5 – Jeu de barres rigides

Les **systèmes d'air comprimé** ont pour fonction d'alimenter les disjoncteurs pneumatiques. Chaque système comprend généralement des compresseurs d'air, un sécheur d'air comprimé, un hygromètre, un ou plusieurs réservoirs et un tableau de contrôle pneumatique. La durée de vie des compresseurs et des sécheurs d'air comprimé est de 25 ans et 20 pour cent des compresseurs d'air l'ont dépassée.



Photo 6 – Système d'air comprimé

Le **parafoudre** a pour fonction de protéger les autres équipements contre les surtensions. Les parafoudres du réseau de transport ont un âge moyen de 21 ans. Leur durée de vie est de 40 ans et 6 pour cent des parafoudres l'ont dépassée.

Le **groupe électrogène** est un équipement de secours permettant d'alimenter en électricité les services auxiliaires des postes en cas de panne majeure. Deux types de groupe électrogène sont en service : les turbines à gaz et les moteurs au diesel. La durée de vie des groupes électrogènes est de 30 ans.

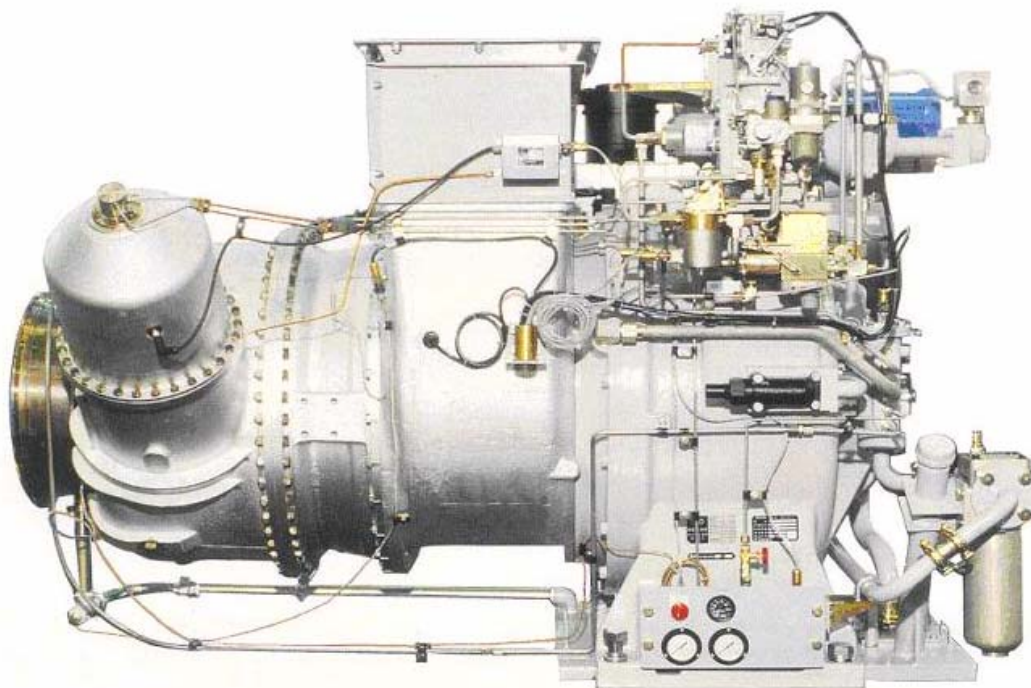


Photo 7 – Groupe électrogène du type turbine à gaz

2.8 Équipements civils

Les équipements civils regroupent des terrains, des bâtiments, des chemins, des systèmes de récupération, de drainage et d'égouts, des clôtures et des barrières, des systèmes de protection incendie, des puits d'accès, des systèmes d'eau potable, des

caniveaux et des tranchées pour câbles.

Leurs durées de vie varient entre 20 et 50 ans selon le type d'équipement et l'infrastructure.

En 2007, le parc d'équipements civils du Transporteur comptait entre autres environ 1000 bâtiments, 1100 bassins de récupération d'huile, 460 séparateurs eau/huile et quelque 1 175 clôtures et barrières.

2.9 Lignes

Les lignes de transport ont pour fonction d'acheminer l'électricité à partir des installations de production jusqu'aux centres de consommation.

Les lignes aériennes sont composées d'un ensemble de conducteurs, d'isolateurs et d'accessoires supportés par des pylônes métalliques ou des portiques de bois. Les lignes souterraines sont composées de câbles à l'huile ou à isolation polymérique et d'accessoires installés dans des canalisations destinées à cet usage.

Le réseau de transport compte plus de 33 000 kilomètres de lignes aériennes et plus de 190 kilomètres de circuits de lignes souterraines. La durée de vie des pylônes et des fondations est de 50 ans alors que celle des isolateurs est de 40 ans.

Environ 3 000 kilomètres de lignes aériennes ont été mises en service avant les années 50 et ont dépassé leur durée de vie. Par ailleurs, les quelque 12 000 kilomètres de lignes aériennes mises en service entre les années 50 et 70 s'approchent des limites de leur durée de vie.



Photo 8 – Chaîne d'isolateurs d'une ligne à 735 kV

3. Élaboration des critères de pérennité

La gestion de la pérennité des différents équipements se fonde sur un ensemble de critères permettant d'évaluer leur état et leur durée de vie restante. La présente section décrit les critères et les analyses techniques qui sont appliqués aux différentes familles d'équipements.

3.1 Critères de pérennité et analyses techniques spécifiques

Un critère de pérennité est un paramètre mesurable permettant de situer un équipement dans son cycle de vie.

Comme l'illustre la figure 5, la pérennité des différentes familles d'équipements est liée à des facteurs très différents. Outre l'âge, des facteurs comme l'état, la performance, le taux d'utilisation, le taux de pannes, la maintenabilité et l'obsolescence peuvent affecter la pérennité à différents degrés selon la famille d'équipements. Le Transporteur utilise des critères de pérennité adaptés aux différentes familles d'équipements.

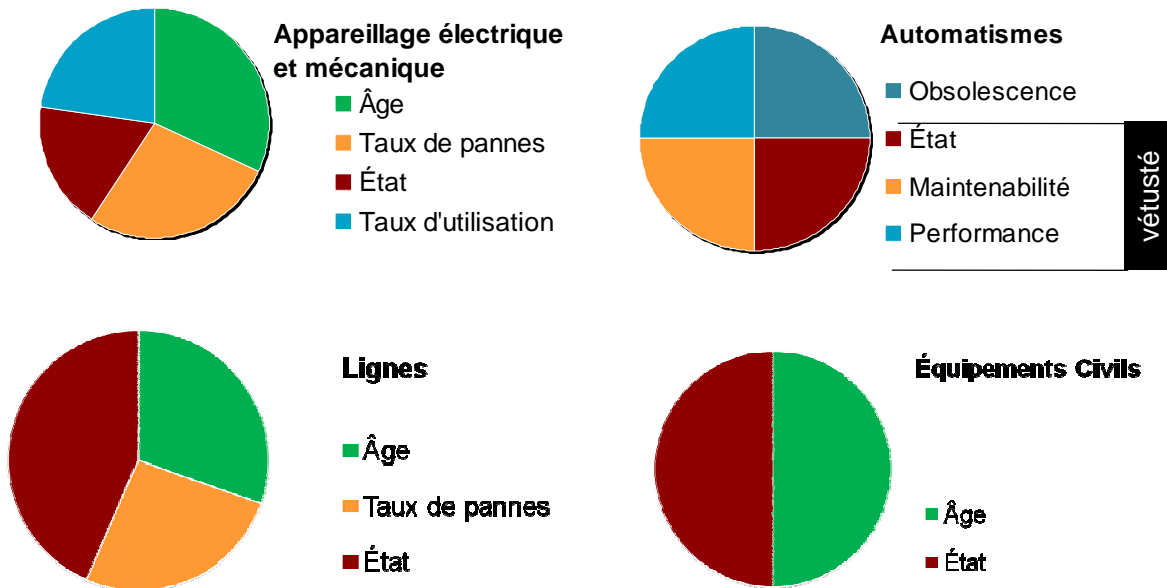


Figure 5 – Facteurs affectant la pérennité des différentes familles d'équipements

3.1.1 Appareillage électrique et mécanique

L'appareillage électrique et mécanique regroupe l'ensemble des équipements d'un poste : équipements disjoncteurs, équipements sectionneurs, équipements de transformation et inductances, équipements de compensation et les autres équipements (jeux de barres, parafoudres, systèmes d'air et groupes électrogènes).

3.1.1.1 Critères de pérennité des disjoncteurs

Les critères de pérennité des disjoncteurs s'appuient sur une approche de fiabilité des équipements. Cette méthode se fonde sur les faits archivés et s'applique généralement, pour des raisons statistiques, à de grandes familles d'équipements.

Six critères de pérennité sont appliqués à chaque disjoncteur ou à sa famille (regroupement d'équipements de conception similaire).

Critère 1 : âge du disjoncteur. Le disjoncteur est jugé préoccupant en vertu de ce

critère s'il a dépassé d'au moins 50 pour cent sa durée de vie.

Critère 2 : nombre d'opérations du disjoncteur. Le disjoncteur est jugé préoccupant en vertu de ce critère s'il a dépassé de 10 pour cent le nombre maximum d'opérations de sa catégorie (type de technologie).

Critère 3 : fiabilité du disjoncteur par rapport à celle des disjoncteurs de sa famille et de sa tension regroupée. Le disjoncteur est jugé préoccupant en vertu de ce critère si son taux de réparation moyen dépasse d'au moins 100 pour cent celui de sa famille et dépasse d'au moins 150 pour cent celui de sa tension regroupée (tension d'utilisation) et si le disjoncteur a atteint plus de 85 pour cent de sa durée de vie.

Critère 4 : fiabilité du disjoncteur par rapport à celle des disjoncteurs de sa catégorie. Le disjoncteur est jugé préoccupant en vertu de ce critère si son taux de réparation moyen dépasse d'au moins 120 pour cent celui de sa catégorie et si le disjoncteur a atteint plus de 85 pour cent de sa durée de vie.

Critère 5 : dégradation de la fiabilité en fin de vie des disjoncteurs de la famille. Le disjoncteur est jugé préoccupant en vertu de ce critère si :

- son taux de réparation moyen au cours des 5 dernières années dépasse d'au moins 33 pour cent celui de sa famille et si l'âge moyen des disjoncteurs de sa famille dépasse 85 pour cent de la durée de vie;
- ou si sa famille a été identifiée comme étant en fin de vie.

Critère 6 : fiabilité des disjoncteurs de la famille par rapport à celle des disjoncteurs de la tension regroupée. Le disjoncteur est jugé préoccupant en vertu de ce critère si :

- le taux de réparation moyen des disjoncteurs de sa famille dépasse d'au moins 50 pour cent celui de sa tension regroupée et si l'âge moyen des disjoncteurs de sa famille dépasse 85 pour cent de la durée de vie;
- ou si sa famille a été identifiée comme étant en fin de vie.

Environ 28 pour cent des disjoncteurs et 45 pour cent des disjoncteurs réenclencheurs sont jugés préoccupants en vertu d'au moins un critère de pérennité. Il s'agit, dans la

majorité des cas, de disjoncteurs à gros volumes d'huile et de disjoncteurs pneumatiques. Au total, 30 pour cent de ces équipements sont jugés préoccupants en vertu d'au moins un critère de pérennité.

Le Transporteur a complété une liste des disjoncteurs, évalués selon les critères de pérennité, par ordre de priorité. Cette liste permet de planifier les interventions sur les disjoncteurs.

3.1.1.2 Critères de pérennité des sectionneurs

Les critères de pérennité des sectionneurs s'appuient aussi sur une approche de fiabilité des équipements. Les critères sont les mêmes que pour les disjoncteurs, à l'exception du critère « nombre d'opérations » qui n'a pas d'impact direct sur la performance des sectionneurs.

Critère 1 : âge du sectionneur. Le sectionneur est jugé préoccupant en vertu de ce critère s'il a dépassé d'au moins 50 pour cent sa durée de vie.

Critère 2 : fiabilité du sectionneur par rapport à celle des sectionneurs de sa famille. Le sectionneur est jugé préoccupant en vertu de ce critère si son taux de réparation moyen dépasse d'au moins 100 pour cent celui de sa famille (regroupement d'équipements de conception similaire) et s'il a dépassé 85 pour cent de sa durée de vie.

Critère 3 : fiabilité du sectionneur par rapport à celle des sectionneurs de sa catégorie-tension. Le sectionneur est jugé préoccupant en vertu de ce critère si son taux de réparation moyen dépasse d'au moins 200 pour cent celui de sa catégorie-tension et s'il a dépassé 85 pour cent de sa durée de vie.

Critère 4 : dégradation de la fiabilité en fin de vie des sectionneurs de la famille. Le sectionneur est jugé préoccupant en vertu de ce critère si :

- son taux de réparation moyen au cours des 5 dernières années dépasse d'au moins 50 pour cent celui de sa famille et si l'âge moyen de sa famille dépasse 85 pour cent de la durée de vie;
- ou si sa famille a été identifiée comme étant en fin de vie.

Critère 5 : fiabilité des sectionneurs de la famille par rapport à celle des sectionneurs de la catégorie-tension. Le sectionneur est jugé préoccupant en vertu de ce critère si :

- le taux de réparation moyen de sa famille dépasse d'au moins 50 pour cent celui de sa catégorie-tension et si l'âge moyen de sa famille dépasse 85 pour cent de la durée de vie;
- ou si sa famille a été identifiée comme étant en fin de vie.

L'âge moyen des sectionneurs du réseau de transport est de 25 ans. Environ 16 pour cent de ces sectionneurs sont jugés préoccupants en vertu d'au moins un critère de pérennité. La majorité d'entre eux ont été fabriqués par des fournisseurs qui ne font plus affaires au Québec depuis plusieurs années.

Le Transporteur a complété une liste des sectionneurs, évalués selon les critères de pérennité, par ordre de priorité. Cette liste permet de planifier les interventions sur les sectionneurs.

3.1.1.3 Critères de pérennité des équipements de transformation et inductances

La gestion de la pérennité des transformateurs de puissance et des inductances shunt a été révisée en 2007. Le nouveau rangement se fonde sur l'utilisation des indicateurs d'état suivants.

Indicateur d'état	Description
Historique de charge	L'indicateur évalue l'utilisation du transformateur et le nombre d'années pendant lesquelles le transformateur a été soumis à cette utilisation.
Antécédent familial	L'indicateur évalue le risque de défaillance d'un équipement basé sur les antécédents de défaillance d'exploitation d'appareils identiques.
Maladies (gaz dissous)	L'indicateur mesure l'ampleur des problèmes latents dans les transformateurs, tels les problèmes de nature thermique ou diélectrique.
État de l'huile	L'indicateur évalue l'état de l'huile isolante qui indique indirectement l'état de l'isolation solide.
Contenu en eau	L'indicateur évalue le contenu en eau dans l'huile qui est révélatrice du contenu en eau dans l'isolation solide et qui affecte les pertes diélectriques et cause un vieillissement accéléré.
État du papier	L'indicateur évalue de façon indirecte la dégradation du papier qui compose l'isolation solide du transformateur. Un papier vieilli perd ses propriétés mécaniques et rend le transformateur plus vulnérable aux courts-circuits.

État du changeur de prise en charge (CPC)	L'indicateur évalue le risque de défaillance du CPC car l'expérience démontre que ce composant mécanique est souvent mis en cause lors des défaillances. Environ 50 pour cent des transformateurs évalués sont équipés d'un CPC.
Accessoires	L'indicateur évalue le risque de défaillance des accessoires dont le vieillissement peut affecter la fiabilité du transformateur (système de refroidissement, système de mesure, etc.).
Fuites d'huile	L'indicateur évalue le risque associé à l'historique des fuites d'huile qui a été consigné dans l'historique de maintenance du transformateur.

Pour chacun de ces critères, on attribue une cote de 0, 1 ou 2 selon que l'état est respectivement jugé satisfaisant, en évolution ou devenu préoccupant. Chacun de ces critères est ensuite pondéré et une cote globale est attribuée à chaque transformateur afin de permettre un rangement global de la population d'appareils et de planifier les interventions.

3.1.1.4 Analyses techniques spécifiques des équipements de compensation

Compte tenu de leur petit nombre et de leur valeur monétaire élevée, la pérennité des équipements de compensation est étudiée au cas le cas, sans utiliser des critères de pérennité globaux analogues à ceux appliqués aux équipements précédents. Avant de procéder au remplacement ou à la remise à neuf d'un équipement de compensation, une étude approfondie doit être réalisée pour tenir compte de l'évolution du réseau.

Les batteries de condensateurs shunt sont pour leur part traitées selon des avis de maintenance se rapportant à des familles problématiques. Le Transporteur prévoit terminer l'élaboration des critères de pérennité des batteries de condensateurs shunt d'ici la fin de 2009.

3.1.1.5 Analyses techniques spécifiques des autres équipements (jeux de barres, compresseurs d'air, groupes électrogènes, parafoudres)

À cause de leur diversité, les autres équipements du réseau sont soumis à une gestion de la pérennité fondée sur des paramètres spécifiques à chacun d'entre eux.

Les **jeux de barres** étant des équipements statiques n'ayant aucune pièce mobile, ils subissent peu de détérioration en exploitation normale. Le Transporteur prévoit terminer l'élaboration des critères de pérennité des jeux de barres d'ici la fin de 2009.

Les **compresseurs d'air** sont pour leur part remis à neuf en fonction du nombre d'heures de fonctionnement. Au cours des dix dernières années, le tiers des compresseurs d'air ont été remis à neuf et un autre tiers sera remis à neuf ou remplacé prochainement, de même que 15 pour cent du parc de sécheurs d'air comprimé. Le Transporteur prévoit terminer l'élaboration des critères de pérennité des systèmes d'air d'ici la fin de 2009.

Compte tenu de leur petit nombre, la pérennité des **groupes électrogènes** est évaluée au cas le cas, en fonction de l'évolution et des besoins particuliers du réseau.

Les **parafoudres** sont traités selon des avis de maintenance se rapportant à des familles problématiques. Le Transporteur prévoit terminer l'élaboration des critères de pérennité des parafoudres d'ici la fin de 2009.

3.1.2 Critères de pérennité des systèmes d'automatismes

La pérennité des systèmes d'automatismes est largement liée à l'obsolescence (technologie périmée) et à la vétusté (état, maintenabilité, performance) des équipements.

La gestion de la pérennité des systèmes d'automatismes est soumise à l'application de deux ensembles de critères : les critères déclencheurs et les critères de remplacement. Les critères déclencheurs attirent l'attention sur un système ou sur un type de système problématique. Ensuite, les équipements ainsi identifiés sont évalués selon les critères de remplacement.

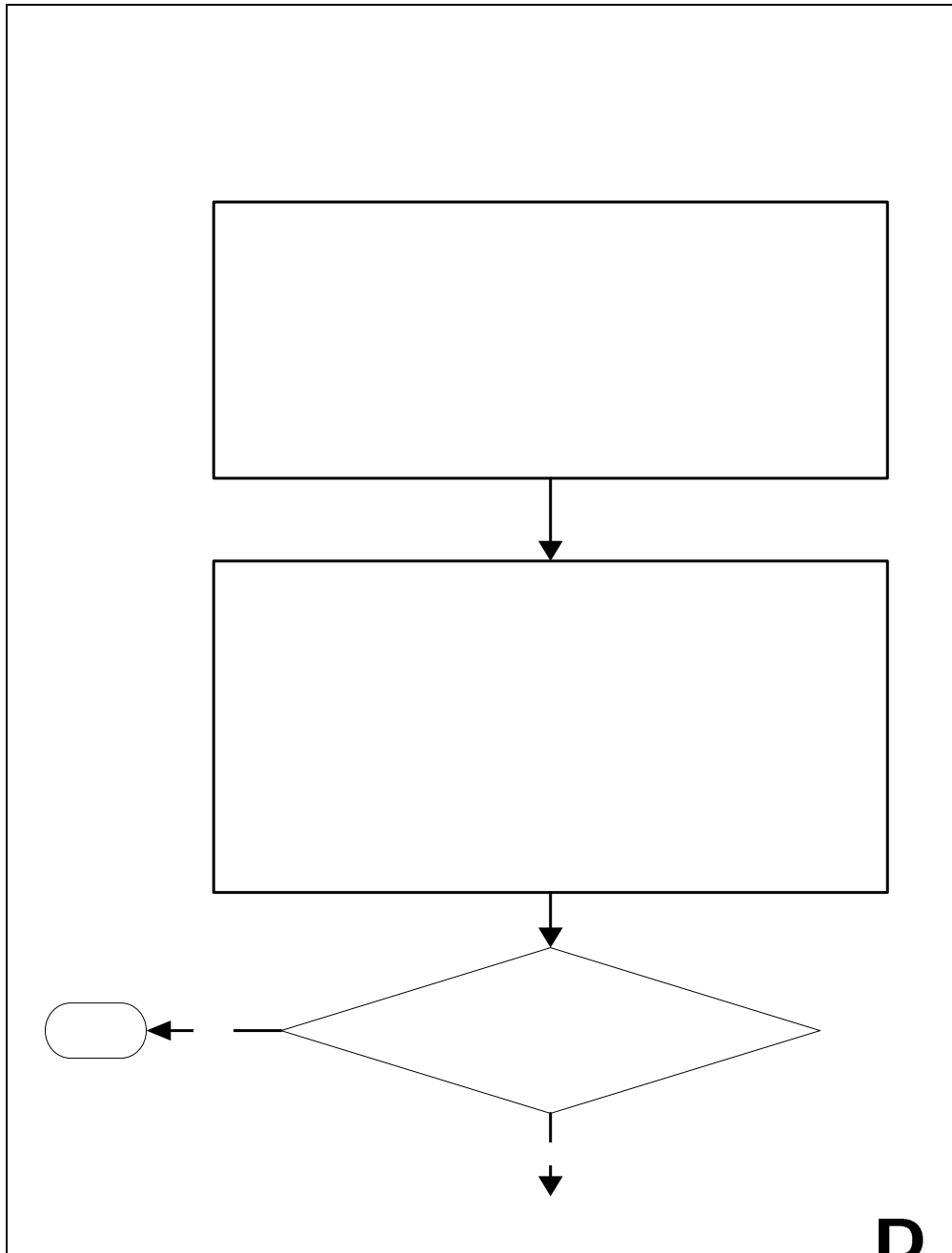


Figure 6 – Critères déclencheurs et critères de remplacement de systèmes d'automatismes

**D
É
C
L
E
N
C**

1) Â

2) T

3) V

Le bloc supérieur de la figure 6 énumère les quatre critères déclencheurs appliqués aux systèmes d'automatismes pour identifier un système ou un type de système problématique.

Critère déclencheur 1 : âge et type de technologie du système d'automatismes.

Ces deux paramètres doivent être considérés simultanément pour établir le lien entre la vétusté et l'obsolescence du système. La vétusté d'un système indique qu'il est vieux, en mauvais état ou détérioré, alors que l'obsolescence indique qu'il est périmé pour des raisons indépendantes de son état, mais liées au progrès technologique.

Critère déclencheur 2 : taux de défaillance du système d'automatismes. Le système d'automatisme est jugé problématique en vertu de ce critère si le nombre et les types de pannes répertoriées pour un système ou un type de système sont élevés.

Critère déclencheur 3 : vigie du personnel technique. Le système d'automatismes est jugé problématique en vertu de ce critère si le personnel technique (c'est-à-dire les techniciens chargés de la maintenance, les analystes du comportement du réseau et les exploitants) juge après évaluation qu'une intervention en pérennité est requise.

Critère déclencheur 4 : projets d'investissements en croissance des besoins de la clientèle, maintien et amélioration de la qualité et respect des exigences. Un projet réalisé à des fins de croissance des besoins de la clientèle, de maintien et d'amélioration du réseau ou de respect des exigences peut fournir l'occasion de remplacer des systèmes d'automatismes jugés préoccupant selon les critères de pérennité.

Le bloc inférieur de la figure 6 énumère les cinq critères de remplacement qui sont appliqués aux systèmes d'automatismes.

Critère de remplacement 1 : performance du système d'automatismes. Le système d'automatismes est jugé problématique en vertu de ce critère s'il ne répond pas aux exigences en termes de fiabilité et de sécurité. Un système est fiable s'il fonctionne correctement chaque fois qu'il est sollicité, s'il réagit dans le temps requis et s'il conserve des réglages fixes. La sécurité du système est liée au fait qu'il doit fonctionner uniquement lorsqu'il est sollicité (aucun fonctionnement intempestif) et rester insensible aux interférences électriques.

Critère de remplacement 2 : maintenance du système d'automatismes. Le système d'automatismes est jugé problématique en vertu de ce critère si le personnel technique signale des difficultés liées à la maintenance.

Critère de remplacement 3 : disponibilité des pièces de rechange. Le système d'automatismes est jugé problématique en vertu de ce critère lorsqu'il n'y a plus ou presque plus de pièces de rechange, autant à l'interne qu'à l'externe.

Critère de remplacement 4 : état physique du système d'automatismes. Le système d'automatismes est jugé problématique en vertu de ce critère s'il présente une détérioration prématurée de ses composantes par rapport à d'autres systèmes du même type ou s'il a dépassé sa durée de vie compte tenu de sa technologie (critère déclencheur 1).

Critère de remplacement 5 : sécurité des personnes et respect de l'environnement. Le système d'automatismes est jugé problématique en vertu de ce critère s'il présente des risques de défaillance pouvant affecter la sécurité des personnes ou entraîner des dommages à l'environnement.

Le Transporteur a complété une liste des systèmes d'automatismes ou des familles de relais, évaluée selon les critères de pérennité, par ordre de priorité. Cette liste, qui compte 77 systèmes ou relais, permet de planifier les interventions et de répartir les différents systèmes d'automatismes dans la grille d'analyse du risque qui sera présentée à la section suivante.

3.1.3 Analyses techniques spécifiques aux équipements civils

La gestion de la pérennité des équipements civils se fonde sur l'âge et l'état de détérioration, en fonction des impacts possibles sur la sécurité du public et du personnel, et sur l'exploitation normale du réseau. Le Transporteur prévoit terminer l'élaboration des critères de pérennité des équipements civils d'ici la fin de 2009.

3.1.4 Critères de pérennité des lignes de transport

Compte tenu du vieillissement des lignes de transport, des critères uniformes ont été adoptés par le Transporteur afin d'établir la priorité des interventions en tenant compte d'une gestion optimale du risque.

3.1.4.1 Lignes aériennes

Les lignes aériennes de transport, étant soumises à une panoplie de stress environnementaux et d'exploitation, vieillissent et perdent de leur résistance. Leurs mécanismes de dégradation *normaux* résultent d'efforts thermiques, chimiques, mécaniques et électriques. Cependant, les lignes peuvent subir une détérioration rapide lorsqu'elles sont soumises localement à des efforts considérables, mais de courte durée, pouvant provenir de charges extrêmes de vent ou glace, ou encore de surtensions importantes. Il est donc primordial d'évaluer leur état.

Le vieillissement *normal* est essentiellement occasionné par l'usure de pièces mobiles en contact et par la détérioration chimique des équipements¹. Il en résulte un affaiblissement des équipements qui, à un certain point, ne peuvent plus reprendre les efforts pour lesquels ils ont été conçus et doivent alors être remplacés pour assurer la pérennité de la ligne.

Des critères uniformes ont été adoptés par le Transporteur afin d'établir la priorité des interventions en tenant compte d'une gestion optimale du risque.

Critère 1 : état de détérioration de la ligne. La ligne est jugée problématique en vertu de ce critère si les résultats des inspections, pondérés au moyen d'une table d'indicateurs pondérés selon la nature de l'équipement, dépasse le seuil de détérioration prescrit par les experts du Transporteur.

Critère 2 : indice de vieillissement de la ligne. La ligne est jugée problématique en vertu de ce critère si son indice de vieillissement, établi à partir d'une table d'indicateurs pondérés, dépasse le seuil de vieillissement prescrit par les experts du Transporteur.

Critère 3 : indice de performance de la ligne. La ligne est jugée problématique en vertu de ce critère si son indice de performance en service dépasse le seuil de performance prescrit par les experts du Transporteur.

¹ Équipements : Composants des lignes aériennes : poteaux, traverses, conducteurs, etc.

Critère 4 : fiabilité mécanique de la ligne. La ligne est jugée problématique en vertu de ce critère si l'analyse de fiabilité démontre une résistance aux charges climatiques inférieure au seuil de résistance prescrit par les experts du Transporteur, compte tenu de son état de détérioration.

3.1.4.2 Lignes souterraines

Dans le cas des lignes souterraines, la gestion de la pérennité se fonde sur neuf critères regroupés sous deux catégories.

Les indicateurs cumulatifs de la durée de vie de la ligne : âge, nombre de claquages électriques internes, présence d'un système de suivi de la pression d'huile et technologie à risque plus élevé.

Les indicateurs basés sur les cinq dernières années : nombre et importance des fuites d'huile, évolution des gaz dissous, réparations et anomalies, nombre et importance des défauts de gaine, évolution des rayons de courbures et migration des câbles dans la chambre de jonction.

3.1.5 Élaboration et révision des critères de pérennité

Le Transporteur prévoit terminer l'élaboration des critères de pérennité pour les autres équipements (transformateurs de mesure, équipements civils, parafoudres, jeux de barres tendues, systèmes d'air, bancs de condensateur, postes) d'ici la fin de 2009. Le Transporteur entend également réviser périodiquement les critères de pérennité de ses équipements.

3.2 Évaluation de l'état

L'état est un paramètre important pour mesurer le degré de vieillissement individuel. L'état permet de préciser davantage la probabilité d'une défaillance à court terme. L'importance relative de ce facteur diffère cependant d'une famille d'équipements à une autre.

Les critères de pérennité que le Transporteur a développés pour les disjoncteurs, les sectionneurs et les équipements d'automatismes sont davantage axés sur des données archivées de fiabilité, mais ils peuvent aussi tenir compte de l'état (nombre d'opérations). L'évaluation de l'état envisagée par le Transporteur lui permettra d'être encore plus

précis dans le cas des équipements ayant déjà des critères de pérennité et de faire des choix optimaux dans le cas des équipements qui n'en ont pas. De plus, le Transporteur entend structurer une démarche afin d'archiver les données recueillies sur l'état.

Afin de poursuivre l'évaluation de l'état de ses équipements et d'améliorer sa démarche au cours des prochaines années, le Transporteur entreprendra les actions suivantes.

1. Élaboration des paramètres d'évaluation de l'état des équipements afin d'uniformiser l'évaluation.
 - a. Démarrage d'un groupe de travail d'experts en équipements civils dont le mandat est de développer les critères d'état des différents équipements composant le parc d'équipements civils.
 - b. Démarrage d'un groupe de travail d'experts en appareillage électrique dont le mandat est de développer les critères d'état des disjoncteurs.

Note : Le Transporteur utilisera l'expérience acquise de la firme Hatch Energy dans l'élaboration de critères d'état.

2. Mise en place d'un système de documentation pour archiver les données sur l'état des équipements.

4. Évaluation du risque

L'évaluation du risque vise une approche améliorée de la gestion de la pérennité en déterminant le niveau de risque des différents groupes d'équipements.

La présente notion de risque cible la pérennité des équipements et, de ce fait, le risque est associé à la fin de vie d'un équipement. Le terme « défaillance » utilisé tout au long de ce chapitre fait référence aux seules défaillances qui entraînent le remplacement ou la remise à neuf (nouvelle durée de vie) d'un équipement.

L'outil d'évaluation du risque, dont le résultat est une grille de risque, a été bonifié par rapport à sa version précédente. Le Transporteur a fait évaluer cet outil d'analyse par le Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations CIRANO qui a proposé au Transporteur des améliorations possibles. Plusieurs d'entre elles ont été retenues et intégrées à l'outil, en plus des améliorations initiées par le Transporteur. Le Transporteur annonce également qu'il introduit cette année une seconde grille d'analyse du risque spécifique aux lignes. Ces améliorations et spécificités seront expliquées au fur et à mesure que les sections s'y référant seront abordées.

Le risque lié à une défaillance complète associée à la fin de vie d'un équipement est établi par le produit de deux grands paramètres : la probabilité d'une défaillance complète et son impact. La lecture des résultats est facilitée en les déployant visuellement sur une grille matricielle de risque à deux (2) axes : un axe (en ordonnée) pour l'impact et un axe (en abscisse) pour la probabilité de défaillance complète de l'équipement (voir figure 7).

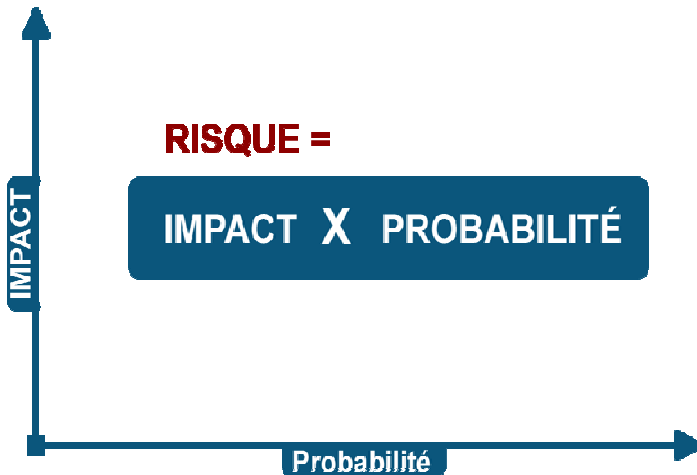


Figure 7 - Axes de déploiement des résultats dans la grille de risque

Les axes de la grille de risque sont gradués de 1 à 9. Le Transporteur a éliminé de la grille la graduation zéro (0) à la suite d'une recommandation du CIRANO à l'effet qu'un risque nul n'existe pas et que tous les équipements doivent être représentés dans la grille. Lorsqu'un équipement est évalué, il est comptabilisé dans la case appropriée de la grille de risque (voir tableau 2) en fonction de sa probabilité de défaillance complète (exprimée de 1 à 9) et de son impact anticipé (aussi exprimé de 1 à 9).

Nombre de Équip id	Probabilité									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Impact										
9	29	69	13	67	6		63	2	5	254
8	1 183	469	466	308	260	287	85	22	50	3 130
7	2 889	3 124	1 574	1 416	1 613	887	468	144	139	12 254
6	9 472	5 600	2 730	3 543	4 055	1 132	775	269	439	28 015
5	10 498	7 926	5 131	4 772	4 541	1 486	580	213	617	35 764
4	10 193	7 584	5 125	2 701	1 913	1 168	282	205	675	29 846
3	9 881	8 002	2 753	2 378	811	352	311	112	499	25 099
2	7 179	5 064	1 039	1 682	525	355	211	37	168	16 260
1	4 059	2 173	342	667	258	65	138	18	32	7 752
Total	55 383	40 011	19 173	17 534	13 982	5 732	2 913	1 022	2 624	158 374

Tableau 2 - Exemple de la grille de risque des postes

Des zones colorées et des indicateurs (non illustrés ici) sont ajoutés pour faciliter la lecture de la grille. L'interprétation en détail de la grille de risque sera reprise ultérieurement à la section 4.3 portant sur son utilisation. Pour l'instant, retenons que l'objectif du Transporteur est d'améliorer la gestion de la pérennité par une évaluation des risques de manière à :

- ❑ intervenir dans le temps au moment le plus rapproché possible de la défaillance anticipée (gestion « juste à temps »);
- ❑ établir l'ordre de priorité des interventions requises.

Tel que cela a été mentionné précédemment, il y a désormais deux grilles de risque distinctes : l'une pour les postes et l'autre pour les lignes. Quoique visuellement identiques, ces grilles obéissent à des règles d'élaboration distinctes. Ces règles sont abordées dans l'ordre suivant.

- ❑ Section 4.1 – Grille d'analyse du risque spécifique aux postes
- ❑ Section 4.2 – Grille d'analyse du risque spécifique aux lignes
- ❑ Section 4.3 – L'utilisation de la grille d'analyse du risque
- ❑ Section 4.4 – Les résultats
- ❑ Section 4.5 – Améliorations à venir envisagées par le Transporteur

4.1 Grille d'analyse du risque spécifique aux postes

La capacité de la grille à fournir les résultats d'analyses espérés dépend des règles utilisées pour déployer chacun de ses axes. Le Transporteur explique ici les règles utilisées pour la grille des équipements des postes.

4.1.1 Axe des impacts d'une fin de vie d'un équipement (axe Y des ordonnées)

La première composante du risque est l'expression de l'impact d'une défaillance entraînant la fin de vie d'un équipement. On l'exprime par une cote de 1 à 9. Le Transporteur rappelle que la cote zéro (0) a été éliminée à la suite d'une recommandation du CIRANO demandant l'inclusion de tous les équipements.

L'impact est déterminé par l'établissement de cinq (5) cotes d'impact pondérées établissant l'impact potentiel de la défaillance d'un équipement sur :

- ❑ le réseau et la clientèle (40 pour cent);
- ❑ le fonctionnement du poste (20 pour cent);
- ❑ la sécurité du public ou du personnel (20 pour cent);
- ❑ l'environnement (10 pour cent);
- ❑ les coûts collatéraux (10 pour cent).

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

Outre l'élimination de la cote zéro (0), la seule autre modification au calcul de la cote d'impact par rapport à la version antérieure concerne l'arrondissement du résultat des cotes d'impacts pondérées combinées. L'arrondissement du résultat (en nombre réel), comme cote finale, se fait désormais à l'entier le plus proche plutôt qu'à l'entier supérieur.

4.1.1.1 Impact sur le réseau et la clientèle (40 pour cent)

La plus forte pondération – 40 pour cent – est accordée à l'impact de la défaillance d'un poste sur le réseau et sur la clientèle.

La cote d'impact reflète le rangement stratégique du poste. Elle est établie en fonction des neuf paramètres suivants :

- la capacité de transformation ou de transit;
- la tension du poste (kV);
- l'absence de relève pour la charge du poste par une autre installation;
- poste ayant un impact sur la stabilité du réseau;
- poste faisant partie d'un plan de remise en charge du réseau;
- poste d'interconnexion;
- poste alimentant des clients prioritaires ou des infrastructures essentielles;
- poste alimentant des clients sans relève;
- poste alimentant des clients industriels de forte charge (ex. Grandes

Entreprises).

4.1.1.2 Impact sur le fonctionnement du poste (20 pour cent)

Les différents équipements n'ayant pas la même importance stratégique, cette cote d'impact permet de les classer en fonction des conséquences d'une défaillance sur le fonctionnement général du poste.

La cote d'impact sur le fonctionnement du poste est établie selon la sous-classe de priorité applicable à chaque catégorie d'équipement. Les sous-classes de priorité regroupent les équipements en fonction de leur impact sur le réseau de transport d'électricité.

- Sous-classe 1 : projets absolument requis incluant les projets de remplacement d'appareils rendus hors d'usage à la suite d'un défaut important ou en réserve de la banque d'appareils majeurs (BAM) ou de la banque urgence ligne (BUL) et les projets requis afin de se coordonner avec des tiers (exemple : réfection de centrale).
- Sous-classe 2 : équipements ayant un impact majeur sur le fonctionnement adéquat d'une installation en mode dégradé, c'est-à-dire qu'advenant une panne d'alimentation du poste, la défaillance empêcherait la remise en réseau de l'installation dans un délai acceptable (accumulateurs, chargeurs de batteries, systèmes d'alimentation sans coupure SASC, groupes électrogènes, systèmes d'air comprimé, compresseurs et sécheurs d'air, services auxiliaires, etc.).
- Sous-classe 3 : équipements d'appareillage, d'automatismes, de compensation ou d'interconnexion jugés essentiels, c'est-à-dire les équipements qui, par leur situation physique ou géographique, ont un impact important sur la performance attendue du réseau et sur la qualité du service aux clients (disjoncteurs, inductances shunt, condensateurs shunt, protections et automatismes, lignes incluant les structures, poteaux et traverses, etc.).
- Sous-classe 4 : fonctions principales d'une installation, c'est-à-dire les fonctions dont le délai de remplacement ou de réparation est moins long que celui des équipements de la sous-classe 3 (parafoudres isolateurs, conducteurs, fils de garde, etc.).

- Sous-classe 5 : fonctions qui n'ont pas un impact direct sur le bon fonctionnement des installations et sur la qualité du service (sectionneurs, jeux de barres, équipements civils, etc.).
- Sous-classe 6 : fonctions supportant une installation (entrepôts, démantèlements d'actifs).

Les équipements n'ayant pas d'impact sur le fonctionnement du poste sont exclus de cette cote d'impact, c'est-à-dire les équipements de la sous-classe 1 appartenant à des projets absolument requis et ceux de la sous-classe 6 ayant une fonction de soutien dans une installation. Les équipements de la sous-classe 2 ont une cote d'impact plus élevée que celle des équipements de la sous-classe 3.

4.1.1.3 Impact sur la sécurité du public ou du personnel (20 pour cent)

Cette cote d'impact mesure le degré de gravité des conséquences potentielles d'une défaillance de l'équipement sur la santé et la sécurité des employés et du public.

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

- impact faible;
- impact moyen;
- impact élevé.

4.1.1.4 Impact sur l'environnement (10 pour cent)

Cette cote d'impact mesure le degré de gravité des conséquences potentielles d'une défaillance de l'équipement sur l'environnement.

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

- impact faible;
- impact moyen;
- impact élevé.

4.1.1.5 Impact sur les coûts collatéraux (10 pour cent)

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

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

- impact faible;
- impact moyen;
- impact élevé.

4.1.2 Axe des probabilités d'une défaillance de fin de vie d'un équipement (axe X des abscisses)

La seconde composante du risque est l'expression de la probabilité d'occurrence d'une défaillance entraînant la fin de vie d'un équipement. On l'exprime par une cote de 1 à 9. Le Transporteur rappelle que la cote zéro (0) a été éliminée à la suite d'une recommandation du CIRANO demandant l'inclusion de tous les équipements.

L'axe des probabilités est celui qui a reçu le plus d'améliorations par rapport à la version précédente. L'évaluation mathématique, à partir des résultats historiques, des modèles de vieillissement (ceux-ci seront expliqués ultérieurement) nécessaires au simulateur fait en sorte que l'on dispose d'une estimation des probabilités basée sur des faits. Dès lors, en conformité avec une autre recommandation du CIRANO, le Transporteur a utilisé ces modèles de vieillissement pour déduire la cote de probabilité applicable. Des explications sont fournies à la section 4.1.2.2 (Équipements de postes avec modèle de vieillissement) sur la méthodologie utilisée.

Ici encore, le résultat final (un nombre réel) est arrondi à l'entier le plus proche en lieu et place de l'entier supérieur.

La répartition des équipements sur l'axe des probabilités dépend de la nature des équipements et elle est déterminée de la façon expliquée dans les sections suivantes.

4.1.2.1 Disjoncteurs et sectionneurs

Le présent paragraphe vise à expliquer les changements importants apportés au traitement de la probabilité des disjoncteurs et des sectionneurs au niveau de la grille de risque.

Jusqu'à l'an dernier, l'axe de probabilité des disjoncteurs et des sectionneurs de la grille de risque était déduit du critère calculé par équipement. L'intégration des outils d'évaluation du risque et du simulateur a fait ressortir que le critère calculé pour ceux-ci ne pouvait pas être assimilé à une probabilité mathématique utilisable en simulation. Ainsi, par exemple, il n'existe pas de modèle évolutif des critères dans le temps. Les paramètres d'état utilisés par les critères ne sont valables qu'à court terme.

En conséquence, les modèles de vieillissement, en l'occurrence ici les courbes de défaillance (dites en baignoire) de fin de vie des équipements, seront dorénavant utilisées comme estimateur des probabilités des disjoncteurs et des sectionneurs autant dans la grille de risque qu'en simulation.

La section 4.1.2.2 (Équipements avec modèle de vieillissement) inclut aussi les règles appliquées aux disjoncteurs et sectionneurs.

4.1.2.2 Équipements de postes avec modèle de vieillissement

On vise ici l'essentiel des équipements électriques et mécaniques des postes.

Les équipements pour lesquels il existe un modèle de vieillissement ont un taux de défaillance de fin de vie des équipements (voir figure 8) exprimé par une courbe mathématiquement déterminée. Celle-ci exprime le taux de défaillance attendu de fin de vie de l'équipement en fonction de l'âge de celui-ci (courbe $\lambda(t)$). La transposition du taux de défaillance en une cote de 1 à 9 obéit aux règles suivantes.

Premièrement, de la loi de survie des équipements (dites $R(t)$) qui exprime le pourcentage de survivants d'un bloc initial d'équipements en fonction du temps (les années), on détermine le taux de renouvellement attendu de ces équipements, soit :

$$\text{Taux de renouvellement} = \frac{1}{\int R(t) dt}$$

Afin de normaliser la signification des cotes entre les modèles de vieillissement, la borne où débute la cote 4 est fixée au taux de défaillance qui correspond au taux de renouvellement.

Ensuite, les différentes bornes des cotes de probabilités sont distribuées dans le temps depuis la cote 1 (à l'âge zéro) jusqu'à la cote 9, suivant une progression linéaire du taux de défaillance de fin de vie de l'équipement. L'incrément linéaire du taux est déduit de la borne où débute la cote 4.

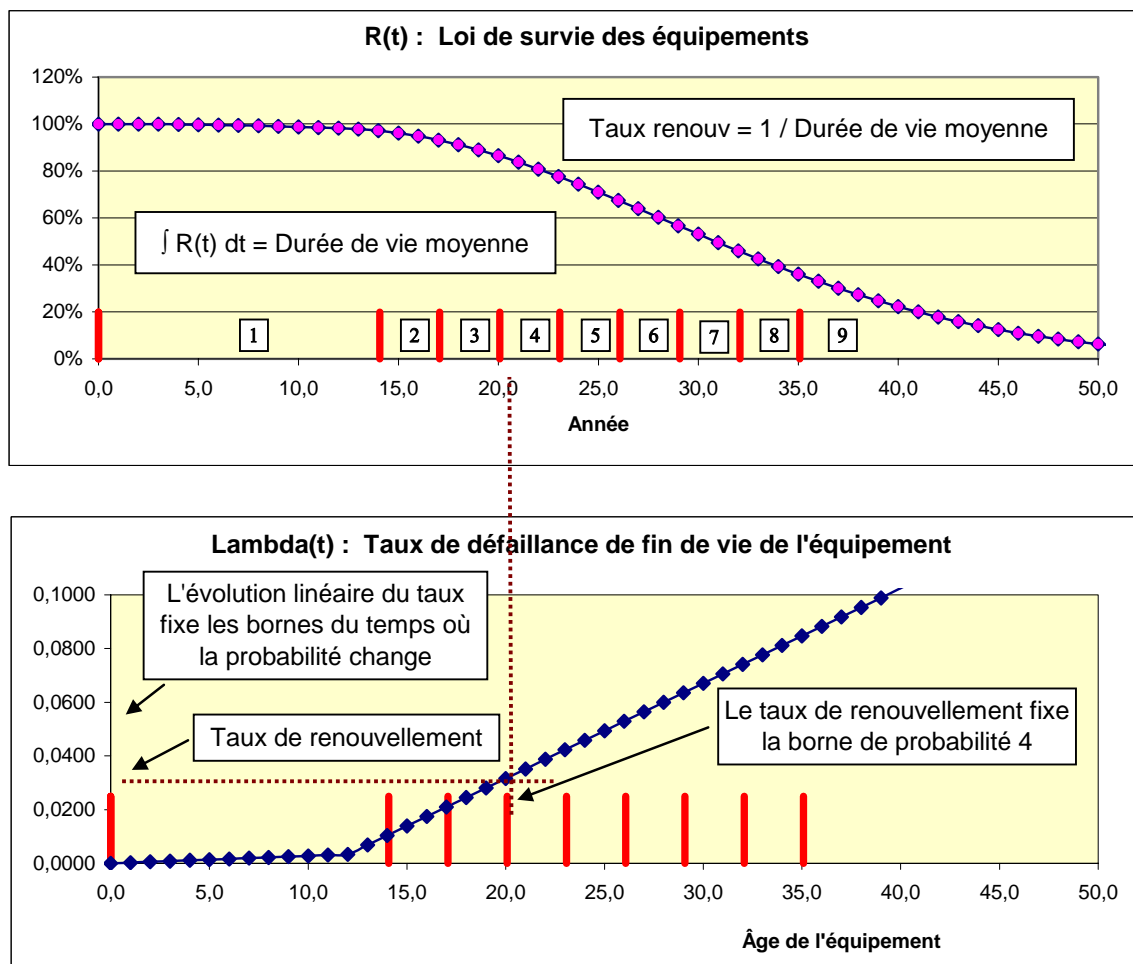


Figure 8 - Cote de probabilité des équipements avec modèle de vieillissement

Cette méthode correspond à l'application d'une des pistes de solution préconisée par le CIRANO. Dans les faits, elle permet d'élever significativement le niveau de

sophistication de la mesure du risque en passant d'une situation vraisemblable (probabilités subjectives déduites des vies utiles) à un axe des probabilités mathématiquement déduit.

4.1.2.3 Systèmes d'automatismes

La répartition des systèmes d'automatismes sur l'axe de probabilité se fonde sur les priorités d'intervention établies en fonction des critères de pérennité : intervention à court terme (1 à 2 ans), intervention à moyen terme (2 à 5 ans) ou intervention à long terme (5 ans et plus).

4.1.2.4 Autres équipements de postes sans modèle de vieillissement

On vise ici les équipements civils et une fraction marginale des équipements électriques et mécaniques des postes sans modèle de vieillissement.

L'intégration des outils d'évaluation du risque et du simulateur et les améliorations introduites précédemment ont amené le Transporteur à réviser le traitement des équipements sans modèle de vieillissement.

La répartition des autres équipements des postes sans modèle de vieillissement sur l'axe des probabilités est réalisée comme suit :

- ❑ l'équipement est à la cote 1 jusqu'à 80 pour cent de sa vie utile où il passe à la cote 2;
- ❑ l'équipement passe linéairement de la cote 2 à la cote 4 atteinte à la vie utile;
- ❑ l'équipement passe linéairement de la cote 4 à la cote 9 atteinte à 150 pour cent de la vie utile.

En pratique, cela revient à appliquer aux équipements des postes sans modèle de vieillissement un modèle générique de vieillissement correspondant à la courbe de la figure 9.

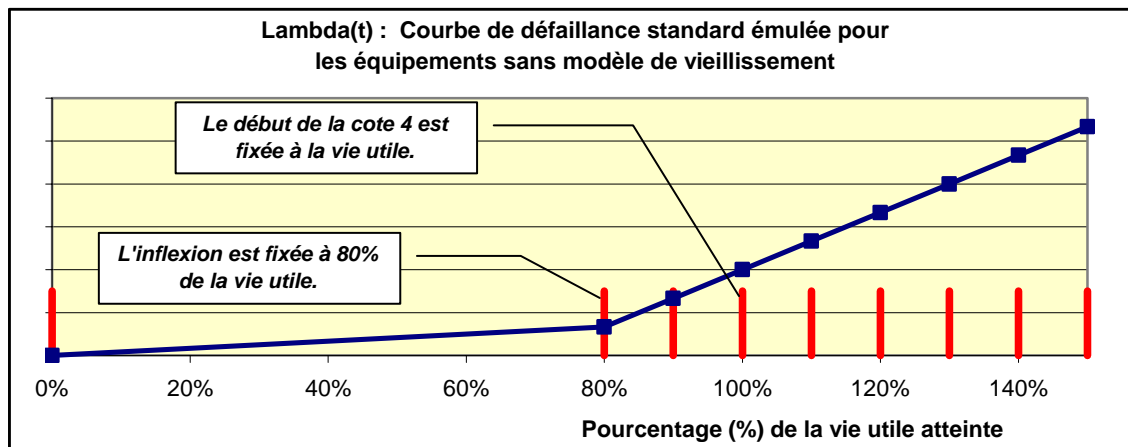


Figure 9 - Cote de probabilité des équipements sans modèle de vieillissement

4.2 Grille d'analyse du risque spécifique aux lignes

La présente section présente les critères choisis à ce jour par le Transporteur pour élaborer le modèle de risques pour les équipements de lignes. Il est présenté à titre d'information sur l'évolution des travaux en cours. Le Transporteur considère que l'ensemble du modèle (risque, simulation et scénario) doit être terminé avant de pouvoir appuyer ses investissements sur les résultats.

Les données relatives à la probabilité et à l'impact d'une défaillance complète de l'équipement sont intégrées à une grille d'analyse du risque.

La grille d'analyse du risque permet d'améliorer la gestion de la pérennité en évaluant le nombre d'équipements pouvant nécessiter une intervention de pérennité afin de maintenir un niveau de risque jugé acceptable. La grille d'analyse du risque pour les lignes aériennes permet de cibler des projets d'investissements à deux niveaux :

- au niveau des catégories d'équipements;
- au niveau d'une ligne, suite aux regroupements d'équipements y étant associés; à ce niveau, une étude de fiabilité spécifique à la ligne est nécessaire.

La grille d'analyse du risque est basée sur les mêmes concepts que celle des postes. Elle comporte deux axes, gradués de 1 à 9.

L'abscisse indique la cote de probabilité de la défaillance complète d'un équipement. Le chiffre 9 correspond à la cote de probabilité la plus élevée.

L'ordonnée indique la cote d'impact de la défaillance d'un équipement. Le chiffre 9 correspond à la cote la plus élevée.

Le niveau de risque d'un équipement est le produit de sa cote de probabilité par sa cote d'impact.

4.2.1 Impact d'une défaillance d'un équipement

La première composante du risque est mesurée par l'impact d'une défaillance.

L'impact est déterminé par l'établissement de quatre cotes pondérées établissant l'impact potentiel de la défaillance d'un équipement sur le réseau et la clientèle, le fonctionnement de la ligne, la sécurité et l'environnement, ainsi que les coûts collatéraux.

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

4.2.1.1 Impact sur le réseau et la clientèle

La cote d'impact de la défaillance d'une ligne sur le réseau et sur la clientèle est fonction des postes que la ligne alimente. Elle est établie en fonction du rangement stratégique des postes selon les neuf paramètres suivants :

- capacité de transformation ou de transit;
- tension du poste (kV);
- absence de relève pour la charge du poste;
- poste ayant un impact sur la stabilité du réseau;
- poste faisant partie d'un plan de remise en charge du réseau;
- poste d'interconnexion;
- poste alimentant des clients prioritaires ou des infrastructures essentielles;
- poste alimentant des clients sans relève;
- poste alimentant des clients industriels de forte charge (ex. Grandes

Entreprises).

4.2.1.2 Impact sur le fonctionnement des lignes

Les différents équipements n'ayant pas la même importance stratégique, cette cote d'impact permet de les classer en fonction des conséquences d'une défaillance sur le fonctionnement général d'une ligne.

La cote d'impact sur le fonctionnement est établie selon la sous-classe de priorité de chaque catégorie d'équipement. Les sous-classes de priorité regroupent les équipements en fonction de leur impact sur le réseau de transport d'électricité.

- Sous-classe 1 : projets absolument requis incluant les projets de remplacement d'appareils rendus hors d'usage à la suite d'un défaut important ou en réserve de la banque d'appareils majeurs (BAM) ou de la banque urgence ligne (BUL) et les projets requis afin de se coordonner avec des tiers (exemple : réfection de centrale).
- Sous-classe 2 : équipements ayant un impact majeur sur le fonctionnement adéquat d'une installation en mode dégradé, c'est-à-dire qu'advenant une panne d'alimentation du poste, la défaillance empêcherait la remise en réseau de l'installation dans un délai acceptable (accumulateurs, chargeurs de batteries, systèmes d'alimentation sans coupure SASC, groupes électrogènes, systèmes d'air comprimé, compresseurs et sécheurs d'air, services auxiliaires, etc.).
- Sous-classe 3 : équipements d'appareillage, d'automatismes, de compensation ou d'interconnexion jugés essentiels, c'est-à-dire les équipements qui, par leur situation physique ou géographique, ont un impact important sur la performance attendue du réseau et sur la qualité du service aux clients (disjoncteurs, inductances shunt, condensateurs shunt, protections et automatismes, lignes incluant les structures, poteaux et traverses, etc.).
- Sous-classe 4 : fonctions principales d'une installation, c'est-à-dire les fonctions dont le délai de remplacement ou de réparation est moins long que celui des équipements de la sous-classe 3 (parafoudres isolateurs, conducteurs, fils de garde, etc.).

- Sous-classe 5 : fonctions qui n'ont pas un impact direct sur le bon fonctionnement des installations et sur la qualité du service (sectionneurs, jeux de barres, équipements civils, etc.).
- Sous-classe 6 : fonctions supportant une installation (entrepôts, démantèlements d'actifs).

Les équipements n'ayant pas d'impact sur le fonctionnement d'une ligne sont exclus de cette cote d'impact, c'est-à-dire les équipements de la sous-classe 1 appartenant à des projets absolument requis et ceux de la sous-classe 6 ayant une fonction de soutien dans une installation. Les équipements de la sous-classe 2 ont une cote d'impact plus élevée que celle des équipements de la sous-classe 3.

4.2.1.3 Impact sur la sécurité et l'environnement

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

4.2.1.4 Impact sur les coûts collatéraux

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

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

- impact faible;
- impact moyen;
- impact élevé.

4.2.2 Probabilité d'une défaillance d'un équipement

Dans un premier temps, l'évaluation du risque établit la probabilité d'occurrence d'une défaillance des différents éléments d'actif en s'appuyant sur des critères quantitatifs.

La probabilité est déterminée par l'établissement de quatre cotes de probabilité pondérées établissant la probabilité de la défaillance d'un équipement selon son état de détérioration, son vieillissement ainsi que la performance et la fiabilité de la ligne.

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

4.2.2.1 État de détérioration de l'équipement

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

4.2.2.2 Vieillissement de l'équipement

Cette cote permet de quantifier les mécanismes de dégradation dans le temps des équipements. Elle est fonction de l'âge des équipements. Une pondération est appliquée à chaque équipement selon des critères établis par les experts du Transporteur.

4.2.2.3 Performance de la ligne

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

4.2.2.4 Fiabilité de la ligne

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

4.3 L'utilisation de la grille d'analyse du risque

Le tableau 3 présente une grille d'analyse du risque intégrant les caractéristiques et les améliorations décrites précédemment.

- ❑ Inclusion de tous les équipements dans la grille, c'est-à-dire l'élimination du risque zéro (0).
- ❑ Déploiement de l'axe des probabilités harmonisé avec les probabilités réelles historiques de fin de vie des équipements.
- ❑ Introduction d'un indicateur « Taux de risque » dont la teneur sera expliquée ci-après.

Nombre d'équipements par niveau de risque											Risque	Risque
Nombre de Équip id	Probabilité										Nb	%
Impact	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	Équipements	
9	29	69	13	67	6		63	2	5	254	Élevé 281	Élevé 0,2%
8	1 183	469	466	308	260	287	85	22	50	3 130		
7	2 889	3 124	1 574	1 416	1 613	887	468	144	139	12 254	Fort 4 450	Fort 2,8%
6	9 472	5 600	2 730	3 543	4 055	1 132	775	269	439	28 015		
5	10 498	7 926	5 131	4 772	4 541	1 486	580	213	617	35 764	Moyen 30 731	Moyen 19,4%
4	10 193	7 584	5 125	2 701	1 913	1 168	282	205	675	29 846		
3	9 881	8 002	2 753	2 378	811	352	311	112	499	25 099	Faible 122 912	Faible 77,6%
2	7 179	5 064	1 039	1 682	525	355	211	37	168	16 260		
1	4 059	2 173	342	667	258	65	138	18	32	7 752		
Total	55 383	40 011	19 173	17 534	13 982	5 732	2 913	1 022	2 624	158 374	Éq. risque 35 462	
										% Equip à risque	22%	
										Taux de risque	6,5	

Tableau 3 - Grille d'analyse du risque des équipements de postes

Chaque équipement évalué est comptabilisé dans la grille d'analyse du risque à l'intersection de sa cote de probabilité et de sa cote d'impact. Quatre (4) zones colorées divisent la grille de risque pour en faciliter la lecture et l'analyse.

- ❑ Une zone jaune des équipements cotés de 1 à 18 à risque faible.
- ❑ Une zone orange claire des équipements cotés de 20 à 36 à risque moyen.
- ❑ Une zone orange foncé des équipements cotés de 40 à 56 à risque fort.
- ❑ Une zone rouge des équipements cotés de 63 à 81 à risque élevé.

Le nombre d'équipements par zone et le pourcentage de ceux-ci sur le total des

équipements de la grille sont calculés.

D'une manière plus générale (voir tableau 4) les deux zones orange et la zone rouge constituent les zones à risque de la grille où les équipements inscrits devraient être les déclencheurs principaux des projets en pérennité. Les équipements inscrits en zone jaune sont plus susceptibles d'être des candidats à une politique d'attente de la défaillance ou à des projets entrepris par opportunisme économique lorsqu'ils sont eux-mêmes en fin de vie (cote de probabilité supérieure ou égale à 4).

Poids des cellules de la matrice des risques

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Zones à risque

Tableau 4 - Poids des cellules et interprétation des zones à risque

Un nouvel indicateur, le « Taux de risque », est introduit. Il permet de quantifier le risque de l'ensemble des équipements tout en tenant compte de la répartition de ceux-ci dans la grille. Il est défini comme suit.

$$\text{Taux de risque (Note 1)} = \frac{\sum \text{Valeurs pondérées des cellules des zones à risque}}{\text{Nb total d'équipements}}$$

Où : La valeur pondérée d'une cellule = Nb équip. dans la cellule X Poids de la cellule

Note 1 : On appelle aussi le « Taux de risque » le « Niveau de risque ».

Outre le « Taux de risque », le nombre des équipements des zones à risque (les deux zones oranges et la zone rouge) et le pourcentage que ces équipements représentent par rapport au total des équipements de la grille sont calculés à titre « d'équipements à risque ».

La grille de risque fournit un bilan de la situation en matière de risque par rapport à la pérennité (défaillance définitive) des équipements. Si rien n'était fait, les équipements migreraient avec le temps vers une probabilité de défaillance plus élevée. La grille de risque permet d'apprécier l'évolution temporelle du risque dans un contexte d'inaction. Dans les faits, la stratégie de pérennité dicte le rythme proposé des remplacements et remises à neuf pour rester en maîtrise du niveau de risque. Celui-ci est mesuré par le « Taux de risque ». Les simulations, comme on le verra ultérieurement, permettent d'en prévoir l'évolution en fonction des ressources allouées.

Les actifs de réseau qui ont été évalués dans la grille d'analyse du risque correspondent à 90 pour cent de la valeur d'actif et se répartissent comme suit : appareillage, systèmes d'automatismes, équipements civils et lignes aériennes.

Les autres équipements n'apparaissant pas dans la grille représentent 10 pour cent de la valeur d'actif et ils sont évalués au cas le cas, compte tenu de leur faible nombre. Ils se répartissent comme suit : compensateurs synchrones et statiques, lignes souterraines et convertisseurs.

4.4 Grille d'analyse du risque par famille d'actifs homogènes

Chacune des grilles ci-dessous présente la répartition, en fonction du risque, de

l'ensemble des équipements composant la famille d'actifs homogènes. Il importe de souligner que certains équipements jugés à risque qui sont inclus dans ces grilles feront l'objet d'investissements de 25 M\$ et plus requérant une autorisation spécifique de la Régie. Les autres équipements jugés à risques, pour lesquels il aura été établi en application de la stratégie de gestion de la pérennité qu'une intervention doit être effectuée en 2009, sont inclus dans la présente demande d'autorisation relative aux projets de moins de 25 M\$.

4.4.1 Équipements disjoncteurs

Nombre d'équipements par niveau de risque											Risque	Risque
Nombre de Équip id	Probabilité										Nb	%
Impact	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	Équipements	
9										0	Élevé 7	Élevé 0,1%
8	4	12	8	12	4	15		2		57	Élevé 7	Élevé 0,1%
7	102	227	53	54	48	100	75	25	5	689	Fort 704	Fort 8,6%
6	680	1 585	269	241	117	262	254	59	52	3 519	Fort 704	Fort 8,6%
5	605	1 455	71	132	107	162	150	48	72	2 802	Moyen 1 554	Moyen 18,9%
4	236	577	15	37	79	62	39	13	15	1 073	Moyen 1 554	Moyen 18,9%
3			2			1				3	Faible 5 943	Faible 72,4%
2										0	Faible 5 943	Faible 72,4%
1	60			1		1			3	65	Éq. risque 2 265	
Total	1 687	3 856	418	477	355	603	518	147	147	8 208	Éq. risque 2 265	
											% Équip à risque	28%
											Taux de risque	9,3

Tableau 5 - Grille d'analyse du risque des disjoncteurs (janvier 2008)

Le tableau 5 indique le nombre et le pourcentage de disjoncteurs correspondant à chaque niveau de risque et le taux de risque mesuré.

Tel que cela est expliqué à la section 4.1.2.1, la répartition des disjoncteurs le long de l'axe des probabilités obéit désormais à la probabilité mathématique déduite des remplacements et remises à neuf historiques.

Les disjoncteurs à risque sont principalement des disjoncteurs réenclencheurs, des disjoncteurs à gros volume d'huile et des disjoncteurs pneumatiques.

4.4.2 Équipements sectionneurs

Nombre d'équipements par niveau de risque											Risque	Risque
Nombre de Équip id	Probabilité										Nb	%
Impact	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	Équipements	
9										0	Élevé 0	Élevé 0,0%
8									0			
7									0			
6	204	351	422	245	198	53	8	17	19	1 517	Fort 101	Fort 0,3%
5	1 809	3 057	3 443	1 910	2 370	626	96	19	38	13 368	Moyen 7 208	Moyen 22,3%
4	1 895	3 655	3 559	1 338	917	510	42	67	113	12 096	Moyen 7 208	Moyen 22,3%
3	515	2 622	1 405	386	155	23	29		32	5 167	Faible 25 039	Faible 77,4%
2										0		
1	154	31	7		2		6			200		
Total	4 577	9 716	8 836	3 879	3 642	1 212	181	103	202	32 348	Éq. risque 7 309	
											% Équip à risque Taux de risque	23% 5,5

Tableau 6 - Grille d'analyse du risque des sectionneurs (janvier 2008)

Le tableau 6 indique le nombre et le pourcentage de sectionneurs correspondant à chaque niveau de risque.

Tel que cela est expliqué à la section 4.1.2.1, la répartition des sectionneurs le long de l'axe des probabilités obéit désormais à la probabilité mathématique déduite des remplacements et remises à neuf historiques.

4.4.3 Équipements de transformation et Inductances

Nombre d'équipements par niveau de risque											Risque	Risque
Nombre de Équip id	Probabilité										Nb	%
Impact	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	Équipements	
9	29	69	12	67	6		63	2	5	253	Élevé 266	Élevé 1,0%
8	1 173	451	452	293	253	270	85	19	47	3 043		
7	827	2 752	1 232	844	506	629	279	86	130	7 285		
6	1 120	3 303	904	886	748	380	228	104	307	7 980	Fort 2 549	Fort 9,2%
5	779	1 837	260	198	338	142	117	66	236	3 973	Moyen 6 764	Moyen 24,4%
4	1 804	1 027	126	111	121	77	56	16	248	3 586	Faible 18 097	Faible 65,4%
3	1 077	7	50	3		15	4		27	1 183		
2	80									80		
1	225	27	17	9		4	1	1	9	293		
Total	7 114	9 473	3 053	2 411	1 972	1 517	833	294	1 009	27 676	Éq. risque 9 579	
											% Equip à risque Taux de risque	35% 11,5

Tableau 7 - Grille d'analyse du risque des transformateurs et inductances (janvier 2008)

Le tableau 7 indique le nombre et le pourcentage de transformateurs et d'inductances correspondant à chaque niveau de risque.

Les transformateurs à risque sont principalement des transformateurs de mesure.

4.4.4 Équipements de compensation (batteries de condensateur)

Nombre d'équipements par niveau de risque										Risque	Risque	
Nombre de Équip id	Probabilité										Nb	%
Impact	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	Équipements	
9										0	Élevé 0	Élevé 0,0%
8										0		
7					2	3				5	Fort 22	Fort 1,5%
6	27		5	2						34		
5	119	84	1		4		2		19	229	Moyen 82	Moyen 5,5%
4	688	95	4		8		13		19	827		
3	314		11		12		12		20	369	Faible 1 379	Faible 93,0%
2	12	1								13		
1	6									6		
Total	1 166	180	21	2	26	3	27	0	58	1 483	Éq. risque 104	
										% Equip à risque	7%	
										Taux de risque	2,2	

Tableau 8 - Grille d'analyse du risque des batteries de condensateur (janvier 2008)

Le tableau 8 indique le nombre et le pourcentage de batteries de condensateur correspondant à chaque niveau de risque.

4.4.5 Autres équipements

Nombre d'équipements par niveau de risque										Risque	Risque	
Nombre de Équip id	Probabilité										Nb	%
Impact	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	Équipements	
9			1							1	Élevé 0	Élevé 0,0%
8	1									1		
7	32	71	120	99	30	23		7		382	Fort 87	Fort 0,3%
6	132	201	642	581	243	104	1	4	8	1 916		
5	563	680	945	1 093	331	139	8	9	35	3 803	Moyen 3 061	Moyen 11,3%
4	1 681	1 072	1 097	516	242	26	5	6	9	4 654		
3	2 438	3 586	578	542	160	61	8	7	9	7 389	Faible 24 048	Faible 88,4%
2	2 210	3 129	307	436	97	93	10	1	8	6 291		
1	1 093	1 294	42	162	114	33	6	10	5	2 759		
Total	8 150	10 033	3 732	3 429	1 217	479	38	44	74	27 196	Éq. risque 3 148	
										% Equip à risque	12%	
										Taux de risque	2,8	

Tableau 9 - Grille d'analyse du risque des autres équipements (janvier 2008)

Le tableau 9 indique le nombre et le pourcentage des autres équipements (jeux de barres, systèmes d'air comprimé, parafoudres, groupes électrogènes) correspondant à chaque niveau de risque.

La répartition des autres équipements sur l'axe de probabilité est basée sur le ratio de la durée de vie.

Les équipements à risque sont principalement des parafoudres et, dans une moindre mesure, des jeux de barres et des compresseurs.

4.4.6 Systèmes d'automatismes

Nombre d'équipements par niveau de risque											Risque	Risque	
Nombre de Équip id	Probabilité											Nb	%
Impact	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	Équipements		
9										0			
8	5	6	6	3	3	2		1	3	29	Élevé 8	Élevé 0,0%	
7	1 925	69	169	419	1 027	132	114	26	4	3 885			
6	7 243	122	488	1 588	2 742	324	283	84	28	12 902	Fort 782	Fort 1,7%	
5	6 194	535	398	1 426	1 358	374	186	58	52	10 581			
4	3 028	556	250	575	434	418	66	67	36	5 430	Moyen 10 810	Moyen 23,9%	
3	3 437	101	444	1 133	175	18	111	52	4	5 475			
2	2 895		507	982	228	1	142	1		4 756	Faible 33 676	Faible 74,4%	
1	1 274		219	476	126	5	117		1	2 218			
Total	26 001	1 389	2 481	6 602	6 093	1 274	1 019	289	128	45 276	Éq. risque 11 600		
											% Équip à risque Taux de risque	26% 7,2	

Tableau 10 - Grille d'analyse du risque des systèmes d'automatismes (janvier 2008)

Le tableau 10 indique le nombre et le pourcentage des systèmes d'automatismes correspondant à chaque niveau de risque.

La répartition des systèmes d'automatismes sur l'axe de probabilité est basée sur les priorités d'intervention établies en fonction des critères de pérennité : intervention à court terme (1 à 2 ans), intervention à moyen terme (2 à 5 ans) ou intervention à long terme (5 ans et plus). Une période d'intervention courte indique une probabilité élevée.

Les systèmes d'automatismes à risque sont principalement des relais de protection et la technologie à risque est la technologie statique.

4.4.7 Équipements civils

Nombre d'équipements par niveau de risque											Risque	Risque
Nombre de Équip id	Probabilité										Nb	%
Impact	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	Équipements	
9										0	Élevé 0	Élevé 0,0%
8										0		
7	3	5								8	Fort 198	Fort 1,6%
6	40	37			7	9	1	1	25	120		
5	211	220	7	10	33	36	17	13	158	705	Moyen 1 180	Moyen 9,5%
4	469	457	62	113	97	75	61	36	231	1 601		
3	1 527	1 328	236	280	265	206	130	48	390	4 410	Faible 10 998	Faible 88,9%
2	1 439	1 403	196	239	177	260	56	33	138	3 941		
1	833	630	47	18	14	21	7	7	14	1 591		
Total	4 522	4 080	548	660	593	607	272	138	956	12 376	Éq. risque 1 378	
											% Équip à risque Taux de risque	11% 3,4

Tableau 11 - Grille d'analyse du risque des équipements civils (janvier 2008)

Le tableau 11 indique le nombre et le pourcentage des équipements civils correspondant à chaque niveau de risque.

La répartition des équipements civils sur l'axe des probabilités est basée sur la courbe de défaillance de fin de vie du modèle de vieillissement générique déduite de la durée de vie utile (voir section 4.1.2.4).

La grille ne tient toutefois pas compte actuellement de l'état de ces équipements, une donnée essentielle pour évaluer leur pérennité, préciser la probabilité d'une défaillance et mesurer leur vieillissement.

4.4.8 Lignes de transport

Nombres d'équipement par niveau de risque										Risque	Risque	
Somme de CompteDeÉquip id	Probabilité									Nb	%	
Impact	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	Équipements	
9		13	18	150	30		30			241	Élevé 252	Élevé 0,0%
8		549	1 534	4 291	3 900	2 186	1 112	222		13 794		
7	1	4 858	8 908	17 944	14 632	4 742	2 359	728		54 172	Fort 22 937	Fort 2,6%
6	161	9 233	23 626	44 597	28 283	13 067	4 455	1 956		125 378		
5	2 074	44 172	75 928	82 610	55 061	35 920	13 097	1 469		310 331	Moyen 405 488	Moyen 45,8%
4	1 947	38 898	58 075	51 810	41 311	25 081	11 361	2 684		231 167		
3	766	18 584	41 740	28 655	23 099	12 388	4 441	498		130 171	Faible 456 724	Faible 51,6%
2	193	1 289	9 511	4 840	2 412	1 493	402			20 140		
1	7								0	7		
Total	5 149	117 596	219 340	234 897	168 728	94 877	37 257	7 557	0	885 401	Éq. risque 428 677	
											%Équip Niv.Risque	48% 12,8

Tableau 12 - Grille d'analyse du risque des équipements de lignes aériennes (mai 2008)

Tel qu'il l'a mentionné précédemment, le Transporteur a procédé en 2007-2008 au développement d'une première grille de risque en lignes aériennes qui est présentée ici à titre indicatif seulement. À son stade actuel de développement, le Transporteur considère possible que des améliorations pourraient être nécessaires, après une première utilisation intensive et après, notamment, que le Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO) ait formulé d'éventuelles recommandations d'améliorations à la suite d'une évaluation. Sous réserve du précédent énoncé, les résultats préliminaires obtenus sont en adéquation avec les analyses faites par les experts du Transporteur à ce jour.

Ce qui ressort principalement des résultats préliminaires pour les équipements de lignes, c'est le nombre élevé (en quantité et pourcentage) de composants à risque. Cependant, ils se situent majoritairement dans le niveau de risque le plus bas, c'est-à-dire dans le risque moyen.

De ce fait, la demande d'autorisation du budget des investissements 2009 pour les équipements de lignes ne sera pas appuyée sur la matrice de risque et des scénarios de simulation, car le travail n'est pas terminé. Le volet de la modélisation pour simulation et choix de scénarios reste à faire.

5. Portefeuille de solutions (remplacement ou remise à neuf)

Lorsqu'une intervention en pérennité s'impose, les équipements peuvent faire l'objet d'une remise à neuf ou d'un remplacement. Une étude technico-économique est réalisée pour déterminer le meilleur choix entre ces deux solutions.

L'intervention optimale pour un type d'équipement pourrait être une combinaison de remplacement et de remise à neuf dans des proportions variées.

Analyses technico-économiques réalisées à ce jour (remise à neuf ou remplacement) :

Étude compresseurs – 2003

Étude disjoncteurs PK – 2003

Étude disjoncteurs KSO, BQOB, BR à 120 kV – 2004

Étude disjoncteurs réenclencheurs de type MVE – 2004

Étude transformateurs de puissance et inductances – 2005

Étude disjoncteurs 13 à 69 kV – 2006

Des orientations sont ensuite établies à partir des recommandations découlant des analyses technico-économiques et de différents critères de gestion portant sur les coûts globaux d'achat et de maintenance, la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité des pièces, la disponibilité de l'expertise, les enjeux relatifs à la santé et à la sécurité, ainsi que les aspects environnementaux. Elles permettent d'orienter la fréquence des interventions en pérennité et les scénarios de solutions dans les unités opérationnelles.

Lorsqu'un remplacement est planifié, les équipements sont soumis à un processus de normalisation et d'homologation tenant compte des aspects suivants : performance technique, économie du coût global (coût de possession), sécurité du personnel et environnement.

Lorsqu'une remise à neuf est planifiée, elle doit être exécutée conformément au guide de remise à neuf approuvé pour ce type d'équipement par son unité d'expertise et faire l'objet du contrôle de qualité qui y est prescrit. Ces guides permettent d'assurer l'uniformité des travaux et la qualité des projets.

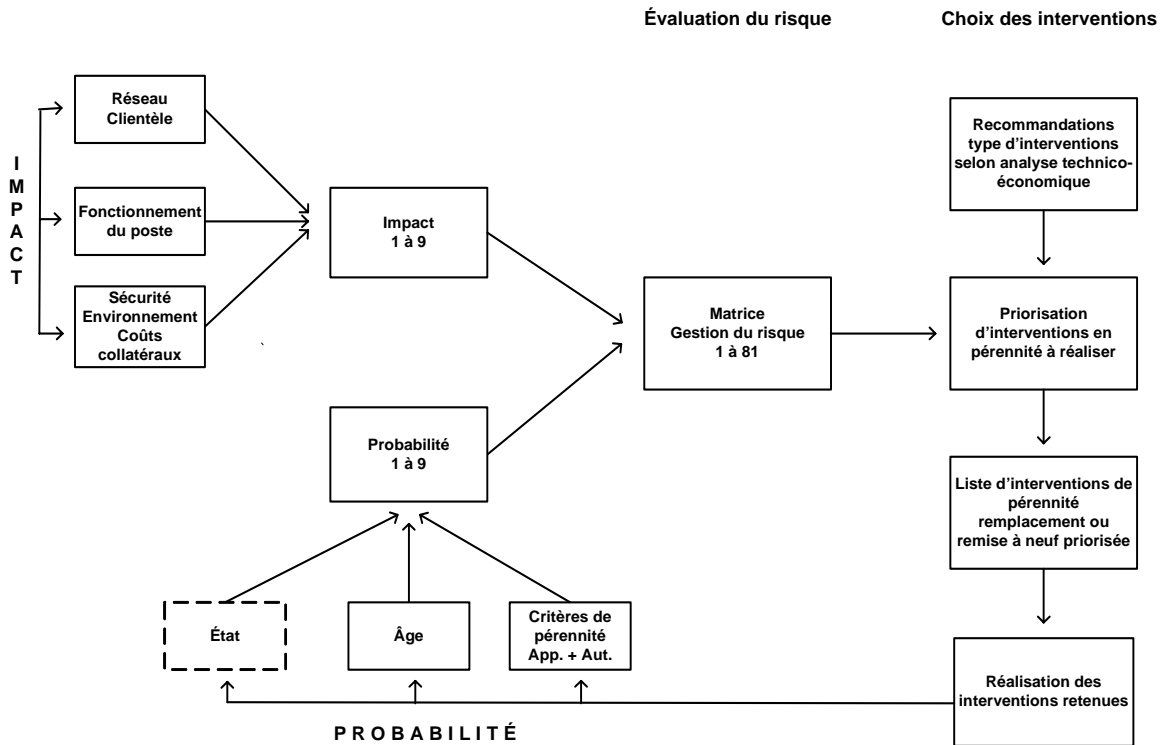


Figure 10 - Choix d'interventions intégrant la gestion du risque

Après l'évaluation des risques, l'établissement des priorités d'intervention et la décision de procéder à un remplacement ou à une remise à neuf, une liste de projets de pérennité priorisés est dressée en vue de leur réalisation.

La réalisation des projets retenus aura pour effet d'ajuster l'âge et l'état des équipements, qui cesseront de figurer au nombre des équipements à risque.

6. Évaluation du niveau d'investissement optimal

Ultimement, la stratégie de gestion de la pérennité vise l'évaluation du niveau d'investissement optimal en maintien des actifs.

L'optimisation des investissements doit permettre l'étalement des interventions de manière à gérer, à moyen et à long terme, l'évolution du vieillissement des équipements. Elle vise notamment une évolution du niveau de risque tendant à se stabiliser dans le temps et une optimisation des coûts et du niveau requis de main-d'œuvre.

6.1 Modèle prévisionnel de vieillissement des équipements

L'évaluation du niveau d'investissement optimal utilise, pour certaines familles d'équipements, une application informatique qui permet de simuler les effets de différents scénarios de gestion sur le vieillissement du parc d'actifs, sur les ressources nécessaires pour le maintenir et sur l'évolution prévue du niveau de risque.

L'évaluation réalisée par un outil de simulation se fonde sur un modèle prévisionnel de vieillissement des équipements utilisant les courbes du taux de défaillance entraînant la fin de vie de l'équipement, sur les données relatives aux ressources requises et sur la grille d'analyse du risque présentée précédemment.

L'établissement, au cas par cas, de la durée de vie restante d'un équipement n'est pas une science exacte. Il est généralement admis, dans la documentation, que les signes annonciateurs pertinents de fin de vie n'apparaissent que lorsque celle-ci est proche, soit à court terme. Cependant, la précision et l'exactitude des prévisions à moyen et à long terme deviennent significatives lorsqu'elles sont appliquées à de larges populations à partir de prédicteurs statistiques.

La prédiction de la durée de vie restante des équipements se fonde sur quatre grands principes :

- à long et à moyen terme :
 - la durée de vie restante ne peut être prédite avec précision que sur de larges populations d'équipements par des outils statistiques;

- des paramètres complémentaires permettent de réduire l'incertitude sur certaines tranches de population (par exemple, les transformateurs utilisés à 110 pour cent de leur capacité nominale verront leur durée de vie diminuée d'un nombre d'années mesurable);
- à moyen et à court terme :
 - les essais et les mesures peuvent permettre de détecter des anomalies fournissant des informations importantes sur la durée de vie restante;
 - la méthode la plus sûre de prédiction de la durée de vie restante consiste à réaliser des essais et à prendre des mesures de plus en plus fréquentes lorsque l'équipement prend de l'âge.

6.1.1 Modélisation du vieillissement à partir des courbes

Pour modéliser le vieillissement des actifs dans une perspective de gestion de la pérennité, les courbes du taux de défaillance, servent d'intrant au simulateur. Il importe de rappeler ici que le terme « défaillance » désigne toujours le type de défaillance qui implique la fin de vie de l'équipement. Seule cette dernière est intéressante aux fins de la pérennité.

Ces courbes (voir figure 11), dites « en forme de baignoire », permettent de visualiser le taux de défaillance attendu d'une population d'actifs. On y distingue trois grandes phases d'évolution :

- une phase infantile (1) où les défaillances « de jeunesse » sont plus nombreuses sur une courte période;
- une phase dite « de vie utile » (2) où le taux de défaillance est faible et relativement constant;
- une phase finale (3) où les dégradations entraînent un taux de défaillance sans cesse croissant.

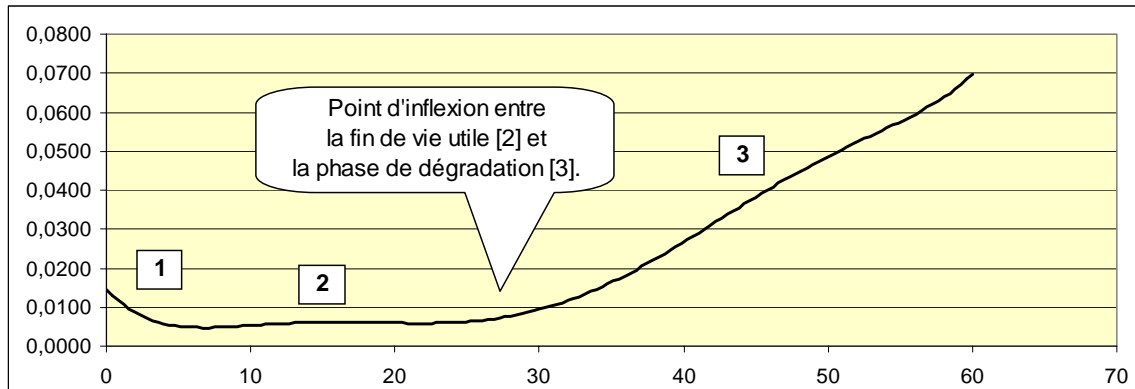


Figure 11 – Courbe du taux de défaillance (en baignoire) en fonction des années

Lorsqu'elle est appliquée à une large population d'équipements, la courbe du taux de défaillance est un outil statistique permettant d'obtenir des résultats précis quant aux prévisions annuelles du nombre d'équipements qui auront une défaillance entraînant la fin de vie.

En matière de modélisation du vieillissement d'équipements, trois types de courbes sont particulièrement utilisés :

- les courbes du taux de défaillance précédemment décrites (voir figure 11). Ces courbes seront les modèles de vieillissement dans le simulateur;
- les courbes de la loi de survie (voir figure 12). Déduites des données historiques du Transporteur, on déduira de celles-ci les courbes du taux de défaillance;
- et les courbes de densité de probabilité (voir figure 13). Elles permettent d'apprécier la période de réaction dont on disposera et sa criticité.

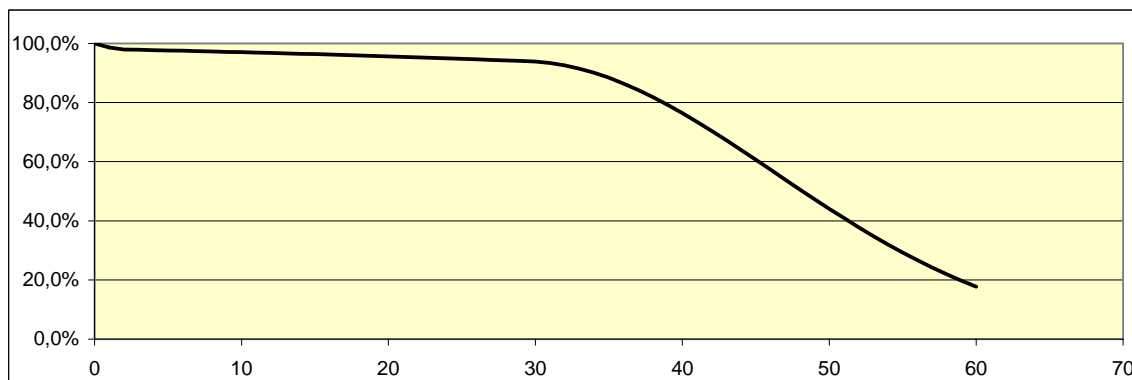


Figure 12 – Courbe de la loi de survie (pourcentage des actifs restants en fonction des années)

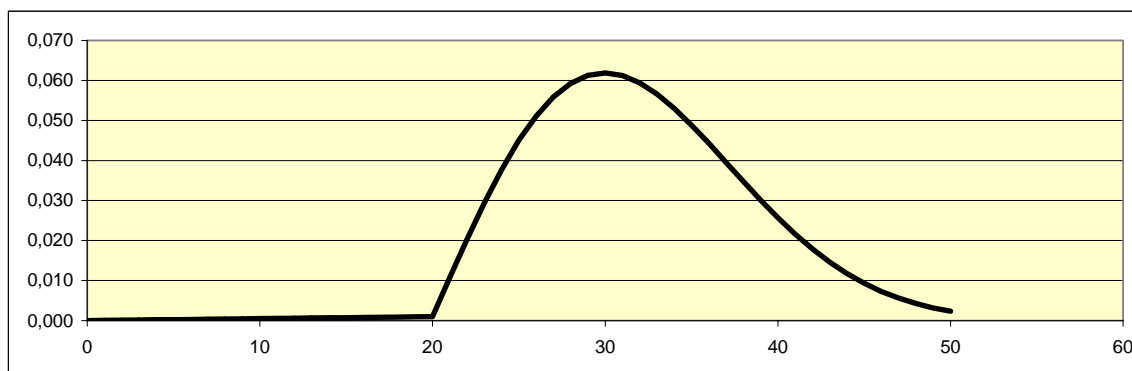


Figure 13 – Courbe de densité de probabilité (pourcentage des actifs défaillants par rapport à la quantité initiale)

Ces trois types de courbes sont mathématiquement reliés entre eux. Dès qu'un type de courbe est disponible, on peut déduire mathématiquement les deux autres.

Les données tirées des systèmes du Transporteur permettent, à partir de résultats historiques validés, de produire les lois de survie de plusieurs familles d'actifs. Les courbes du taux de défaillance, nécessaires à l'outil de simulation, sont déduites des lois de survie qui présentent le pourcentage des actifs restants d'une population en fonction de son âge, permettant ainsi d'apprécier l'effet de l'évolution du taux de défaillance sur la décroissance d'une population d'actifs.

La figure 14 illustre la loi de survie de l'ensemble des disjoncteurs à haute tension

inventoriés. La durée de vie d'un actif peut être établie aux conditions suivantes :

- la durée de vie de l'actif est calculée à partir de l'année de sa mise en service;
- un actif remis à neuf est considéré comme deux actifs : le premier ayant terminé sa durée de vie et le second étant au début de sa durée de vie.

En rapportant graphiquement le pourcentage des actifs actuels par rapport au nombre mis en service à chacune des années antérieures, on obtient la loi de survie de la classe d'actif.

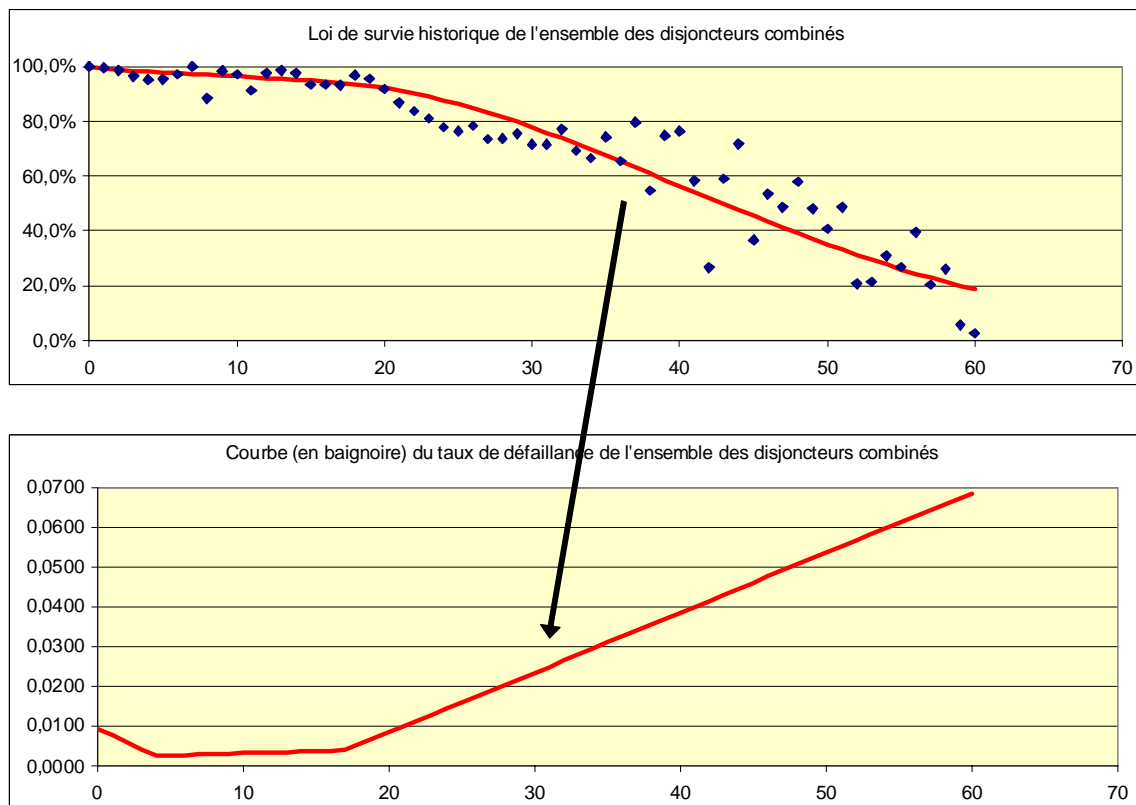


Figure 14 – Dédution d'une courbe du taux de défaillance à partir d'une courbe de la loi de survie

Aux fins de la simulation, plus de 56 courbes du taux de défaillance ont été déduites par type d'actif ayant un profil similaire de vieillissement.

6.2 Modèle d'utilisation des ressources requises

Dans l'évaluation du niveau d'investissement optimal, l'outil de simulation tient aussi compte des ressources requises pour assurer la pérennité des actifs.

Ainsi, l'outil de simulation est alimenté par des choix d'interventions (remplacement et/ou remise à neuf) en fonction, s'il y a lieu, des résultats d'analyses technico-économiques spécifiques aux différentes familles d'équipements.

Cette prise en considération des ressources requises peut, par exemple, entraîner le devancement ou le report des interventions afin d'éviter qu'au cours d'une année ultérieure le niveau des interventions et des investissements dépasse la capacité de réalisation (organisation du travail, main-d'œuvre, disponibilité du réseau).

L'outil de simulation tient aussi compte du nombre d'heures-personnes requis pour procéder aux interventions et de la valeur des investissements nécessaires.

6.3 Paramètres de la simulation

Certains paramètres peuvent être imposés à l'outil de simulation afin qu'il établisse le niveau d'investissement optimal en fonction des objectifs poursuivis, par exemple :

- le pourcentage de durée vie écoulée nécessaire avant une intervention, par exemple 85 pour cent (règle comptable);
- le nombre maximal d'interventions réalisables par année pour une famille d'actifs (capacité maximale de faire);
- le pourcentage d'accroissement du nombre d'interventions sur une famille d'actifs, par exemple pas plus de 10 pour cent d'accroissement des interventions sur les disjoncteurs par rapport à l'année précédente (capacité de croissance de la charge de travail);
- le risque toléré;
- des critères mathématiques tels le gain et l'inflexion des boucles d'asservissement, deux facteurs qui déterminent le rythme de correction d'une situation qui s'écarte des objectifs de gestion (capacité à réagir rapidement).

Le simulateur a aussi été amélioré. De nouveaux critères d'asservissement ont été ajoutés. L'âge des actifs, les coûts, la main-d'œuvre, le nombre d'interventions et les

risques peuvent être étudiés et optimisés individuellement ou de manière combinée.

6.4 Intégration de la grille d'analyse du risque

La grille d'analyse du risque décrite précédemment est intégrée au simulateur, qui l'utilise à deux niveaux :

- elle permet de sélectionner les équipements les plus à risque lors du choix des interventions;
- elle permet d'anticiper l'évolution des risques découlant du scénario de gestion simulé.

6.5 Types de simulations

L'outil de simulation peut être utilisé de deux manières différentes pour déterminer le niveau d'investissement optimal : en boucle ouverte ou en boucle fermée.

6.5.1 Simulation en boucle ouverte

La simulation en boucle ouverte (voir figure 15) rend compte d'une gestion de la pérennité basée sur l'attente d'une défaillance complète (*Run To Failure*) de fin de vie de l'équipement sans aucune intervention planifiée. Ce type de simulation est dit « à boucle ouverte » car il n'utilise pas les résultats obtenus pour atteindre des objectifs. Il ne reflète que le comportement historique des actifs vieillissants en utilisant les courbes du taux de défaillance comme prédicteur et il correspond à un niveau de risque élevé.

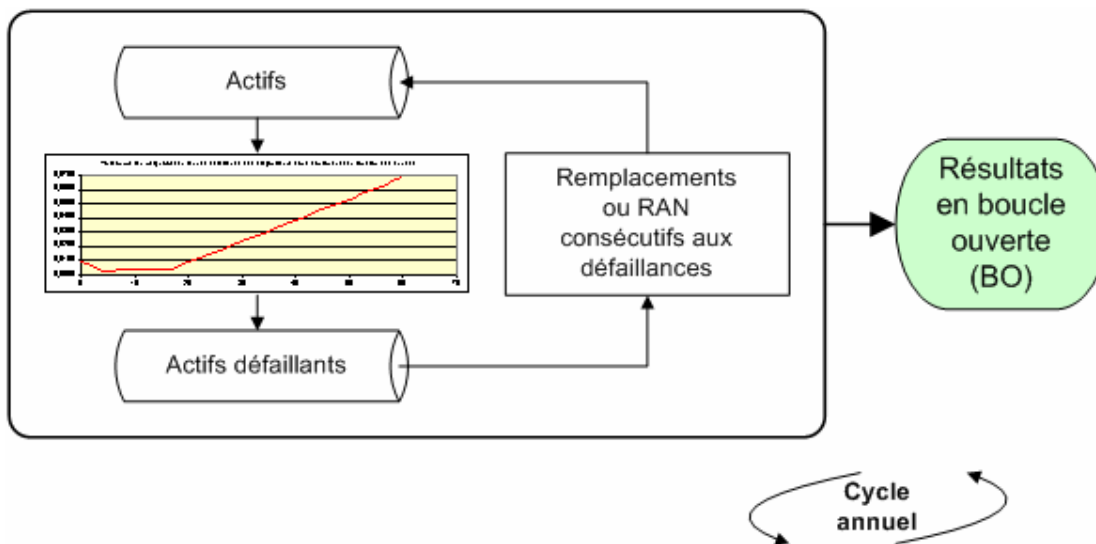


Figure 15 – Fonctionnement des simulations en boucle ouverte

6.5.2 Simulation en boucle fermée

La simulation en boucle fermée (voir figure 16) rend compte d'une gestion de la pérennité basée sur la gestion du risque. Elle permet de planifier des interventions en pérennité avant la défaillance de fin de vie des équipements. Elle utilise les résultats obtenus (d'où l'appellation « boucle fermée ») pour atteindre les objectifs visés. Elle permet de simuler les interventions sur les équipements avec une défaillance prévisible et d'y ajouter des interventions de remplacement ou de remise à neuf planifiées à partir d'une liste portant sur des actifs non encore défectueux, mais préoccupants d'après leur positionnement dans la grille d'analyse du risque.

Le niveau d'intervention ou d'investissement optimal (résultats souhaitables pour corriger les différences observées) est établi en comparant la situation actuelle (résultats en boucle fermée) à la situation recherchée (résultats visés déduits de la stratégie de gestion à l'étude). Si les interventions sur les défaillances prévisibles ne permettent pas d'atteindre les résultats souhaitables, des interventions de remplacement ou de remise à neuf sont ajoutées jusqu'à l'atteinte du niveau souhaitable.

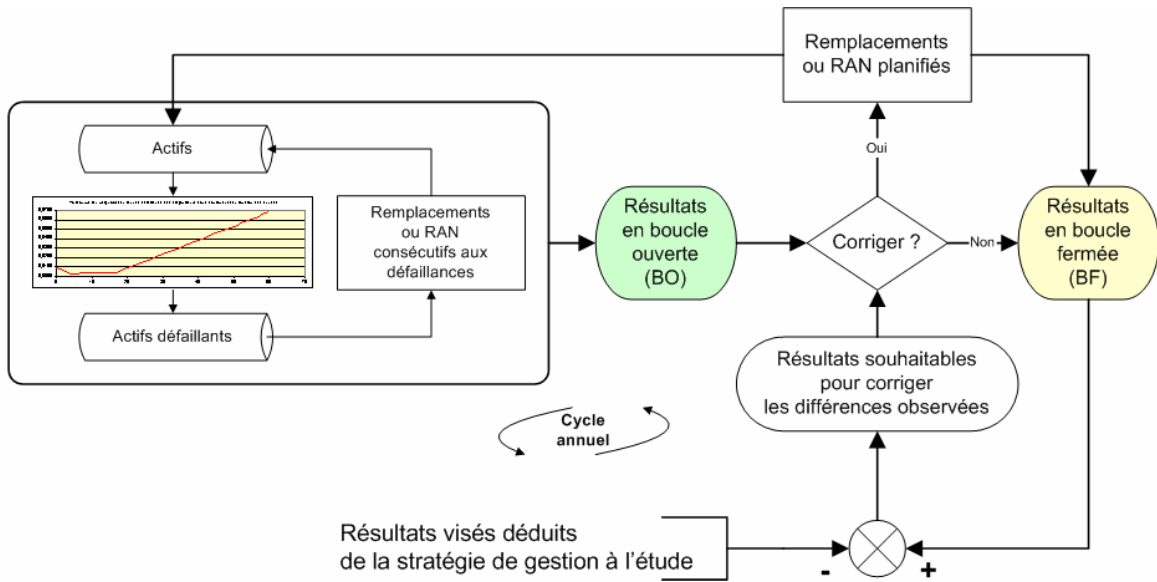


Figure 16 – Fonctionnement des simulations en boucle fermée

7. Stratégie optimale d'intervention à long terme

La stratégie optimale à long terme (étalée dans le temps) vise à établir le niveau d'investissement requis pour assurer la pérennité tout en contrôlant le niveau de risque. Elle implique des considérations relatives aux coûts et aux bénéfices abordées par le rendement des scénarios étudiés. Tel que cela a été vu à la section 3 (voir figure 5), la pérennité des différentes familles d'équipements est liée à des facteurs très différents. En conséquence, la stratégie optimale est basée sur différents scénarios d'interventions qui varient selon ces facteurs : appareillage, lignes, équipements civils et systèmes d'automatismes.

D'autre part, on distingue deux types d'équipements : les équipements ayant un profil de vieillissement et les équipements sans profil de vieillissement. La stratégie doit tenir compte de ces considérations.

7.1 Stratégie optimale d'intervention impliquant des équipements avec profil de vieillissement

Les équipements des familles « appareillage », « lignes » et « équipements civils » ont ou auront, dans le cadre de l'amélioration continue de la stratégie optimale, des profils de vieillissement. Les équipements des familles « lignes » et « équipements civils » nécessitent une connaissance de l'état et d'autres considérations préalables essentielles à l'établissement de la stratégie optimale.

7.1.1 Appareillage

L'appareillage regroupe les classes d'équipements suivants ayant un profil de vieillissement : accumulateurs, batteries de condensateurs, chargeurs d'accumulateurs, compresseurs, disjoncteurs, inductances à air, inductances de mise à la terre, inductances shunt, parafoudres, sécheurs, sectionneurs, transformateurs de mesure, transformateurs de puissance avec et sans Changeur de Prises sous Charge (CPC), transformateurs de service auxiliaire.

Les données archivées du Transporteur permettent de déduire les courbes du taux de défaillance (en baignoire) de fin de vie de ces équipements. Cependant, l'état de ces

équipements est évalué localement et sert à valider la priorité des interventions.

Aux fins de la présente démonstration, le Transporteur a retenu cinq scénarios, dont celui qu'il propose, pour illustrer la démarche analytique qui l'a conduit au scénario retenu. Le Transporteur entend démontrer ici que sa démarche est rigoureuse et que les considérations relatives aux coûts et aux bénéfices ont été prises en considération dans la comparaison du rendement des scénarios étudiés.

La démarche analytique réalisée pour l'appareillage se résume comme suit :

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

7.1.1.1 Scénarios d'interventions

Presque tous les équipements d'appareillage des postes et leur comportement en vieillissement ont été paramétrés dans l'outil de simulation.

Les courbes du taux de défaillance développées jusqu'à maintenant et utilisées pour le comportement en vieillissement des équipements seront raffinées et améliorées au cours des prochaines années pour tenir compte notamment d'une analyse plus fine des données disponibles et de l'intégration de l'évaluation de l'état des équipements au modèle. Par exemple, tel que cela a déjà été abordé à la section 4, l'intégration des outils d'évaluation du risque et du simulateur a amené le Transporteur à réviser et améliorer les courbes des disjoncteurs pour mieux refléter les effets des critères d'état.

D'autres considérations viendront aussi éventuellement améliorer la stratégie :

- une appréciation plus juste de la capacité de réalisation des interventions en pérennité;
- la disponibilité du réseau;
- une évaluation améliorée des gains du regroupement des interventions en

pérennité dans un projet;

- l'arrimage des projets de pérennité avec les projets de croissance.

Scénario 1 – Attente de la défaillance historique de fin de vie de l'équipement

Le scénario 1 permet de visualiser les conséquences d'une stratégie consistant à attendre la fin de vie historique d'un équipement avant de procéder à son remplacement ou à sa remise à neuf. Le prédicteur utilise les courbes du taux de défaillance (en baignoire) de fin de vie de l'équipement déduites des données historiques archivées (remplacements et remises à neuf historiques).

Une épuration des données a été réalisée afin d'exclure les équipements remplacés avant terme pour cause de croissance (conversion du 12 kV au 25 kV) ou de problèmes spécifiques de conception ou de sécurité (performance inadéquate, problèmes de sécurité ou d'environnement, etc.). Ces derniers cas exceptés, le scénario 1 est celui qui représente le mieux la poursuite de la manière historique de faire les choses.

Scénario 2 – Attente de la défaillance avec prédicteur amélioré (cas limite inférieur)

Dans une perspective de saine gestion, le Transporteur a remplacé ou remis à neuf plusieurs équipements avant leur défaillance réelle, à la suite de l'identification de symptômes précurseurs de fin de vie prochaine par ses experts techniques. Les courbes du taux de défaillance (en baignoire) de fin de vie de l'équipement déduites des données archivées du Transporteur et utilisées dans le scénario 1 comprennent une part de ces interventions.

Le scénario 2 utilise donc, comme prédicteur, les courbes du taux de défaillance (en baignoire) historiques de fin de vie de l'équipement allongées de 20 pour cent, dont les résultats prédictifs des mortalités sur des équipements témoins (ayant un taux de mortalité connu) sont plus proches de la réalité. Cela permet d'accroître la marge de manœuvre des simulations en boucle fermée (simulations avec planification proactive d'interventions) et de prévoir des coûts moindres plus conformes à la réalité.

Le scénario 2 est celui qui illustre le mieux ce qui arriverait si la seule stratégie consistait à attendre la mort des équipements, sans tenir compte des signes précurseurs et de l'état observé. C'est le scénario le plus risqué (risque inconsidéré).

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

Le scénario 3 permet d'évaluer les ressources nécessaires pour maintenir le risque au minimum en utilisant le même prédicteur (courbes du taux de défaillance de fin de vie des équipements) que le scénario 1. C'est un scénario d'agressivité moyenne, c'est-à-dire qu'on le limite à un accroissement des ressources de 10 pour cent par année pour atteindre les objectifs fixés. Ce niveau de risque correspond à une planification des interventions (remplacement ou remise à neuf) le plus près possible du point d'inflexion (figure 17), juste avant la phase de dégradation. C'est à ce point qu'on obtient un niveau minimal de risque. Il s'agit du plus coûteux des scénarios. La tolérance aux risques liés à la pérennité y est nulle.

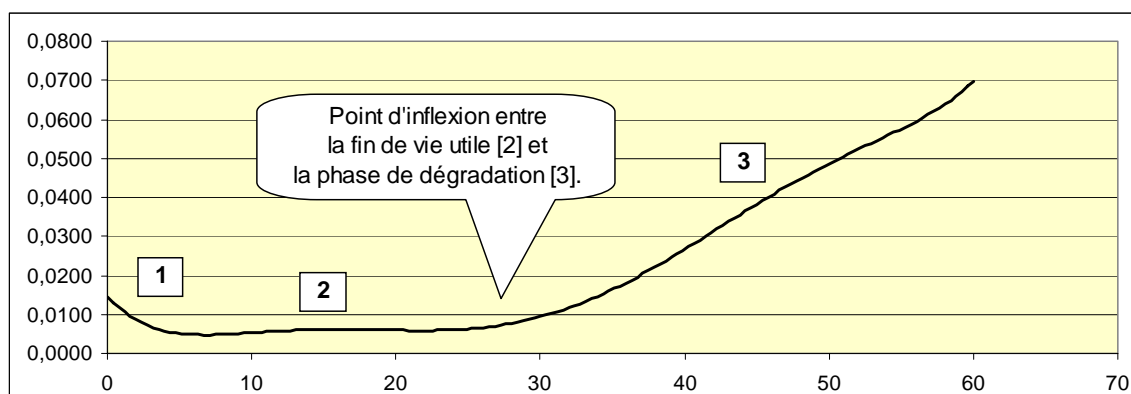


Figure 17 – Courbe (en baignoire) du taux de défaillance en fonction des années

Les figures 18 et 19 illustrent et permettent de comparer l'évolution des investissements et du niveau de risque prévus selon les scénarios 1, 2 et 3.

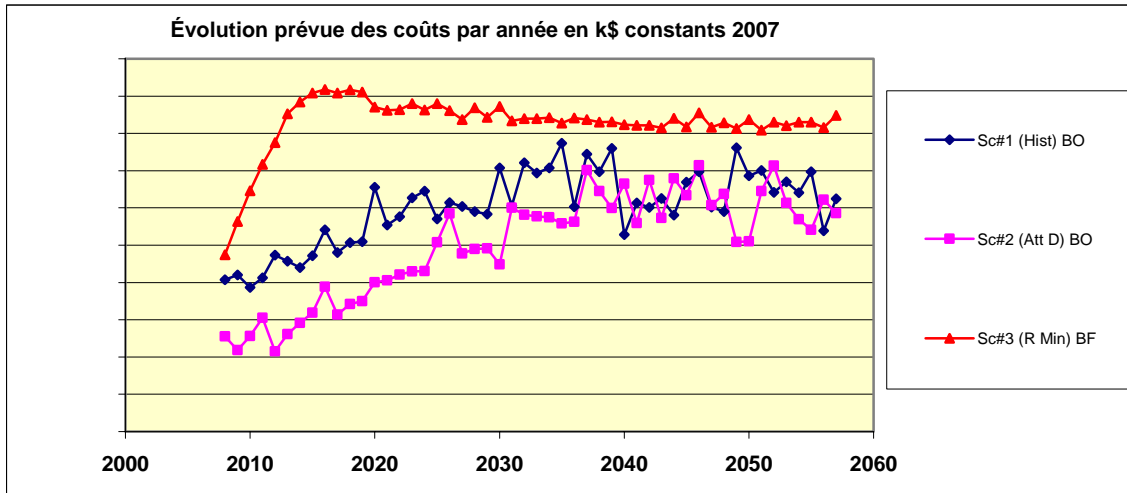


Figure 18 – Évolution des investissements prévus selon les scénarios 1, 2 et 3

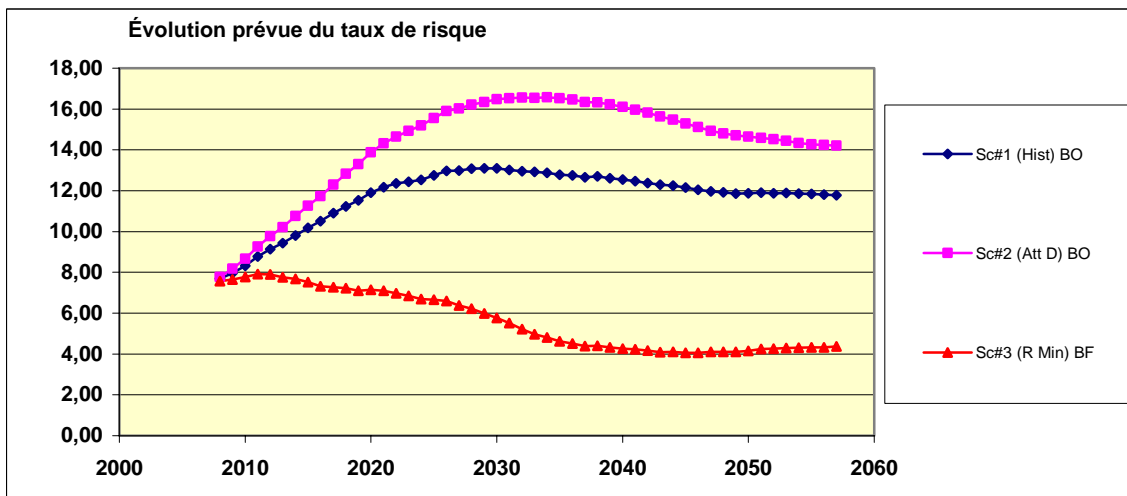


Figure 19 – Évolution du taux de risque prévu selon les scénarios 1, 2 et 3

Le Transporteur signale ici l'utilisation du « Taux de risque » en lieu et place du « Pourcentage des équipements à risque » utilisé l'an dernier. Quoique le pourcentage des équipements à risque soit une information intéressante, elle ne fournit pas d'information sur le niveau de risque réel des équipements. Tel que cela a été expliqué à la section 4, le taux de risque intègre dans un seul indicateur les notions de quantité d'équipements à risque et de positionnement de ceux-ci dans la grille d'analyse du risque.

Analyse des scénarios 1, 2 et 3

Selon les courbes du scénario 3, un investissement important serait nécessaire à l'atteinte d'un niveau de risque minimal, même avec une agressivité modérée (10 pour cent maximum d'augmentation des ressources par année) où le risque minimal ne serait pas atteint avant 25 ans.

Avec la poursuite, sans changements, de ce qui se rapproche le plus de la manière historique de faire les choses (scénario 1), on constate une augmentation appréciable du taux de risque prévu.

Scénario 4 – Recherche du risque constant (simulation en boucle fermée)

Tel que cela a été vu à la section 6.3, les améliorations apportées au simulateur permettent de fixer le taux de risque actuel constant comme un objectif à maintenir. Le scénario 4 est très agressif, c'est-à-dire que l'augmentation des ressources autorisées pour l'atteinte des objectifs est très importante (de l'ordre de 30 pour cent par année). Les résultats obtenus confirment ce qui a été obtenu l'an dernier par itérations.

Les figures 20 et 21 permettent d'observer les résultats du scénario 4.

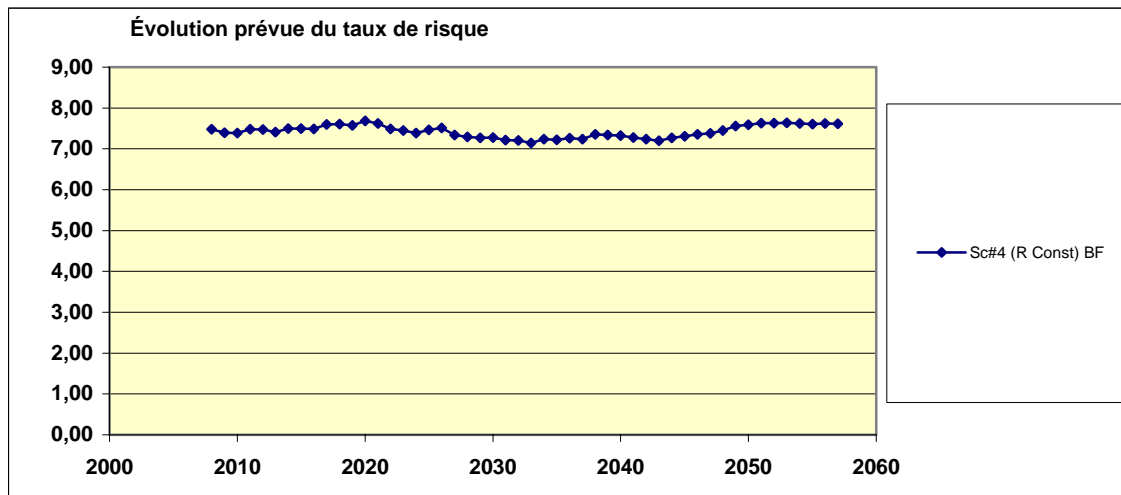


Figure 20 - Évolution du taux de risque prévu avec le scénario 4

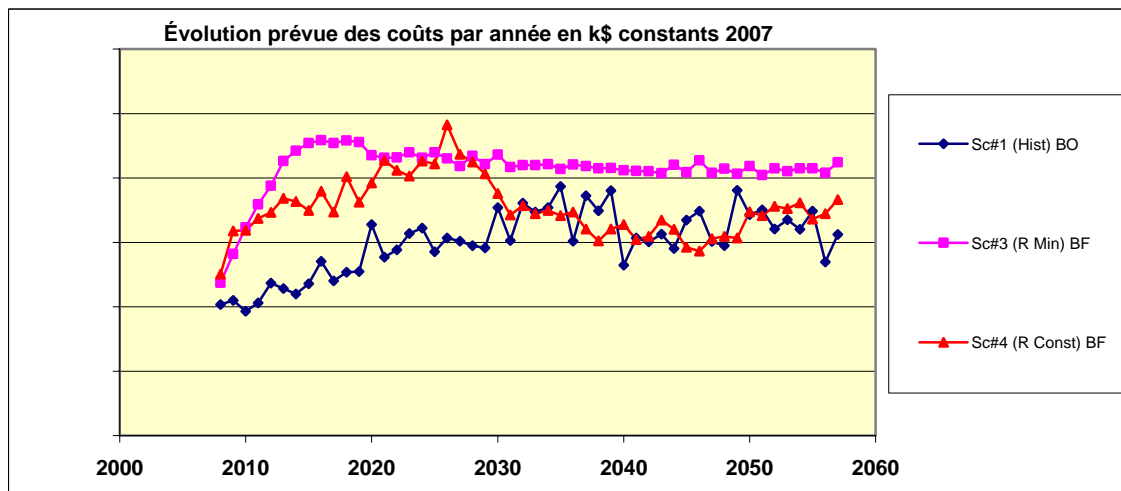


Figure 21 - Évolution des investissements comparés des scénarios 1, 3 et 4

Analyse du scénario 4

Le strict maintien du niveau de risque au taux actuel de risque (figure 20) s'avère très onéreux (figure 21), particulièrement pour les prochaines années, à cause de la vague d'équipements vieillissants à laquelle il faut faire face.

Scénario proposé

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

Le scénario proposé par le Transporteur est un amalgame des acquis établis par l'analyse des scénarios précédents. Afin de tenir compte de toutes les possibilités d'optimisation, le Transporteur a analysé séparément les 16 classes d'équipements homogènes des appareillages électriques et mécaniques. En effet, la tolérance au risque est différente d'une famille à l'autre. En procédant ainsi, il est possible de minimiser l'investissement nécessaire en tolérant un niveau de risque supérieur sur les

classes d'équipements qui s'y prêtent. La fonction et la facilité de remplacement de ces équipements (faibles coûts, interventions simples et de courte durée, disponibilité des équipements de remplacement, etc.) sont considérés dans cette sélection.

À la suite de cette analyse, le Transporteur propose une double approche de gestion de la pérennité en divisant les familles d'équipements de la manière suivante.

Appareillage	Gestion en boucle ouverte Résultant d'une défaillance (<i>fin de vie historique</i>) ou conditionné par le résultat d'un test (Scénario 1)	Gestion en boucle fermée Risque contrôlé avec les courbes du taux de défaillance améliorées (Note 1)
Équipements disjoncteurs	<i>Disjoncteurs à 600V</i>	<i>Disjoncteurs</i>
Équipements sectionneurs	<i>Sectionneurs</i>	<i>Sans objet</i>
Équipements de transformation et inductances	<i>Inductances à air Transformateurs de services auxiliaires</i>	<i>Inductances de mise à la terre Inductances shunt Transformateurs de mesure Transformateurs de puissance</i>
Équipements de compensation (inductances exclues)	<i>Sans objet</i>	<i>Batteries de condensateurs</i>
Autres équipements	<i>Accumulateurs Chargeurs d'accumulateurs Parafoudres</i>	<i>Compresseurs Sécheurs</i>
Note 1 : Les équipements gérés en boucle fermée visent un taux de risque constant, comme dans le scénario 4, mais avec une agressivité très contenue (pas plus de 5 pour cent d'augmentation des ressources par année).		

Tableau 13 – Double approche de gestion de la pérennité

Le Transporteur retient le scénario 1 (fin de vie historique) pour la gestion de la pérennité des sept classes d'équipements suivants : accumulateurs, chargeurs d'accumulateurs, disjoncteurs à 600 V, inductances à air, parafoudres, sectionneurs et transformateurs de services auxiliaires. Tel que cela a été mentionné précédemment, le scénario 1 comprend une part de saine gestion consistant à intervenir juste à temps à la suite de l'identification de symptômes précurseurs de fin de vie prochaine par les experts du Transporteur (exemple : résultat d'un test). Cette approche implique

cependant un accroissement du risque qui exigera une surveillance plus serrée de ces équipements en fin de vie et des interventions plus nombreuses en maintenance.

Le Transporteur retient une variante du scénario 4 (risque constant) en tant que variante à risque contrôlé pour la gestion de la pérennité des neuf autres classes d'équipements : batteries de condensateurs, disjoncteurs, inductances de mise à la terre, inductances shunt, transformateurs de mesure, transformateurs de puissance, compresseurs et sécheurs. La variante du scénario 4 vise toujours un risque constant à long terme, mais avec une agressivité contenue. ; c'est-à-dire que le Transporteur limite l'augmentation des ressources à 5 pour cent par année. Le niveau de risque prévu continuera donc à augmenter à court et moyen termes pour se stabiliser à long terme au niveau actuel de risque de ces équipements.

Ces approches sont par ailleurs bonifiées par deux autres facteurs d'optimisation : les économies résultant du regroupement des interventions dans un projet et le taux d'accroissement annuel des ressources pour corriger une situation.

- *Économies résultant du regroupement des interventions dans un projet*

La gestion de la pérennité des neuf classes d'équipements en boucle fermée comprend l'ajout d'interventions planifiées. Celles-ci seront normalement planifiées dans le cadre de projets. L'intégration des interventions à un projet entraîne des économies d'échelle par rapport aux coûts d'une intervention sur un seul équipement. Après analyse des effets de divers taux d'économie, le Transporteur estime que l'approche par projet permettra de réduire les coûts de 20 pour cent.

Cette économie d'échelle est intégrée aux résultats du scénario proposé.

- *Taux d'accroissement annuel des ressources pour corriger une situation*

En limitant le taux d'accroissement annuel des ressources des équipements gérés en boucle fermée (à risque contrôlé) du scénario proposé, le Transporteur accepte d'accroître le risque sur ces équipements ce qui exigera une surveillance plus serrée de ces équipements en fin de vie et des interventions plus nombreuses en maintenance (pour la période nécessaire du passage de la vague des équipements vieillissants). La figure 22 illustre ce phénomène.

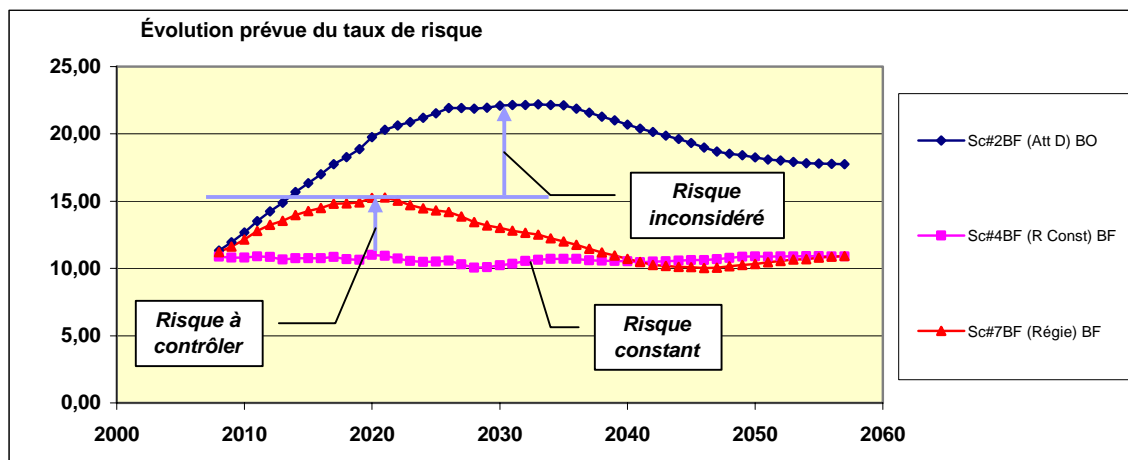


Figure 22 - Risque à contrôler sur les équipements gérés en boucle fermée inhérent aux limites fixées quant à l'accroissement annuel des ressources

Définitions reliées aux figures 22 et 24

Risque constant Niveau de risque visé à long terme par le scénario proposé sur les équipements gérés à risque contrôlé (en boucle fermée) et correspondant au niveau de risque actuel.

Risque à contrôler Niveau supplémentaire de risque au-delà du risque constant que le Transporteur consent à gérer, sur les équipements gérés à risque contrôlé (en boucle fermée), pour faire face à la vague d'équipements vieillissants prévue dans les prochaines années.

Risque consenti Niveau supplémentaire de risque, à long terme, que le Transporteur devra gérer à cause de la contribution des équipements gérés en boucle ouverte.

Risque inconsidéré Niveau de risque (débutant environ à un taux de risque de 15 à la figure 22) inacceptable au Transporteur parce que trop élevé.

Prévisions associées au scénario proposé

Les figures 23 à 27 illustrent l'évolution des investissements, du taux de risque, du

pourcentage des équipements à risque, de l'âge moyen des équipements et du taux de défaillance de fin de vie des équipements selon le scénario proposé par le Transporteur.

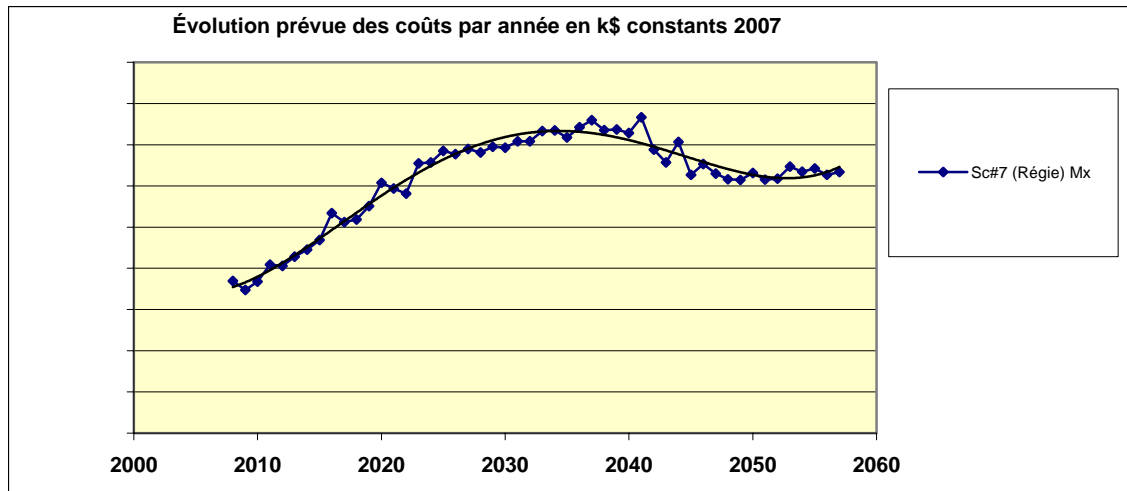


Figure 23 – Évolution des investissements prévus selon le scénario proposé

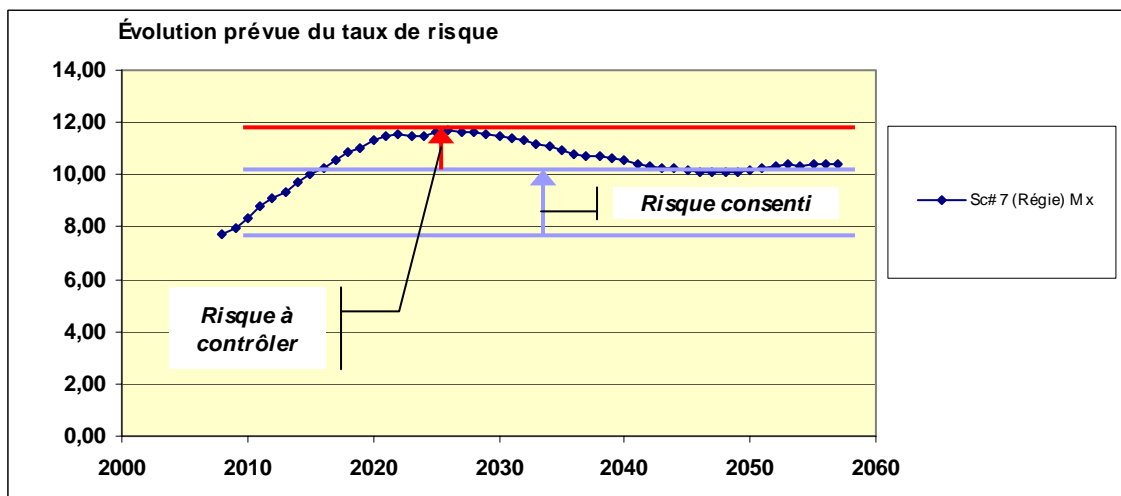


Figure 24 – Évolution du taux de risque prévu selon le scénario proposé

Le Transporteur prévoit gérer un volume d'équipements à risque beaucoup plus important que par le passé, compte tenu de l'investissement optimisé qui est proposé. La figure 24 indique le niveau de risque consenti additionnel à gérer pour le Transporteur. Ce risque consenti correspond au vieillissement moyen des équipements gérés en boucle ouverte, c'est-à-dire dont le remplacement ou la remise à neuf résulte

d'une défaillance de fin de vie historique ou est conditionné par le résultat d'un test. Outre ce risque, une portion additionnelle de risque à contrôler est à prévoir pour absorber la vague d'équipements vieillissants à venir.

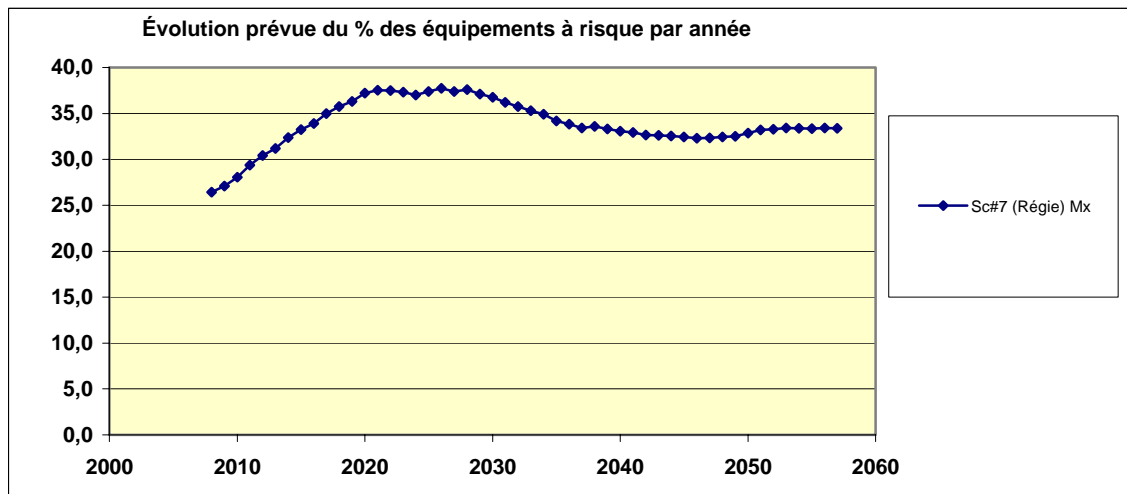


Figure 25 - Évolution du pourcentage des équipements à risque

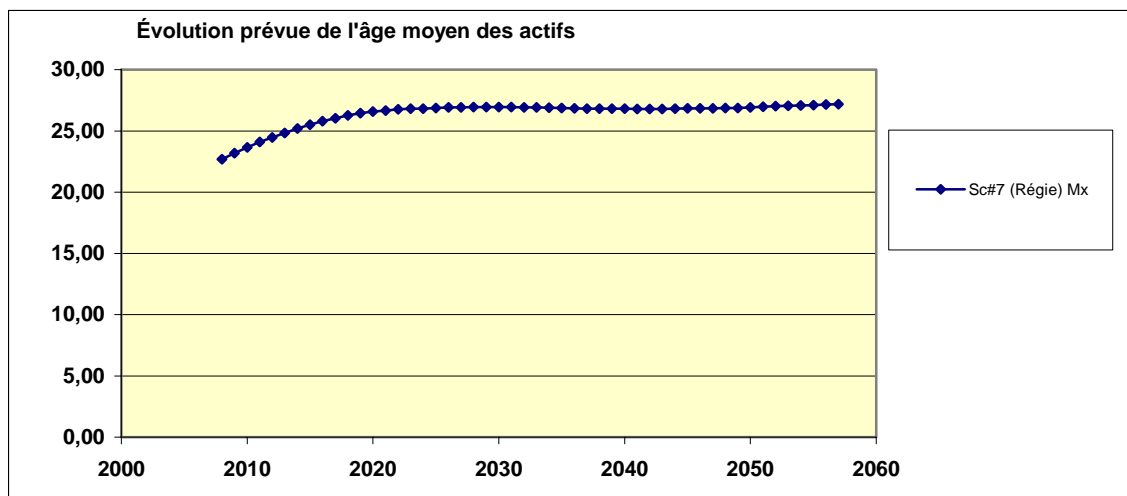


Figure 26 – Prévion de l'âge moyen selon le scénario proposé

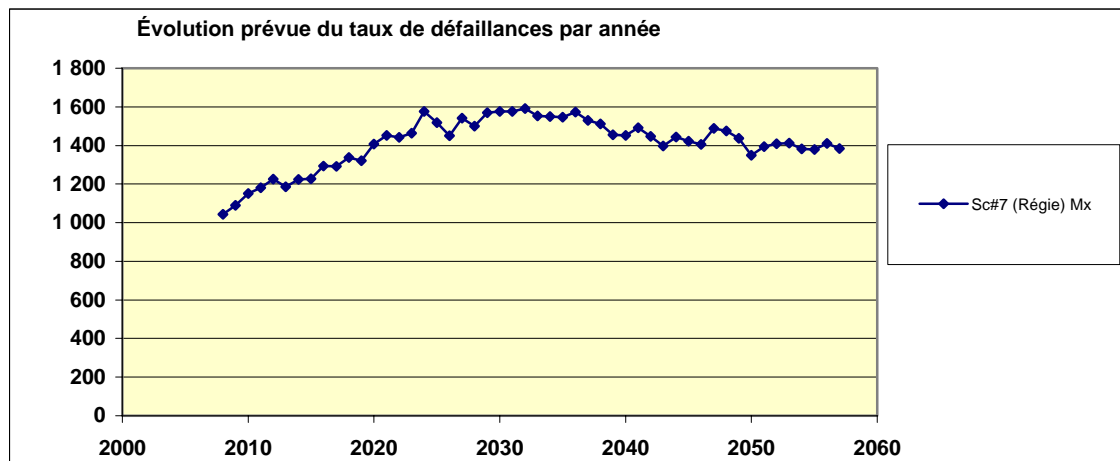


Figure 27 – Prédiction du taux de défaillance de fin de vie des équipements selon le scénario proposé

Le vieillissement croissant du parc au cours de la prochaine décennie (figure 26) sera accompagné d'un accroissement significatif du pourcentage des équipements à risque (figure 25). Un accroissement normal de la maintenance est donc à prévoir. D'une part, le niveau de maintenance corrective qui est proportionnel à l'âge du parc ne peut que suivre ces tendances. D'autre part, la saine gestion dicte d'augmenter la maintenance prédictive pour détecter les symptômes précurseurs de fin de vie prochaine d'équipements. L'expérience et la documentation en matière de gestion des actifs indiquent que ces symptômes apparaissent généralement peu de temps avant la fin de vie. Le Transporteur veillera donc à augmenter ses efforts de détection des symptômes en harmonie avec l'augmentation des équipements à risque (équipements en fin de vie potentielle).

Le scénario proposé par le Transporteur (figure 28) comprend des volets d'optimisation importants. L'investissement prévu se rapproche davantage de celui du scénario le moins coûteux (scénario 2 : attente de la défaillance avec prédicteur amélioré) que de celui du plus coûteux (scénario 3 : maintien du risque minimum).

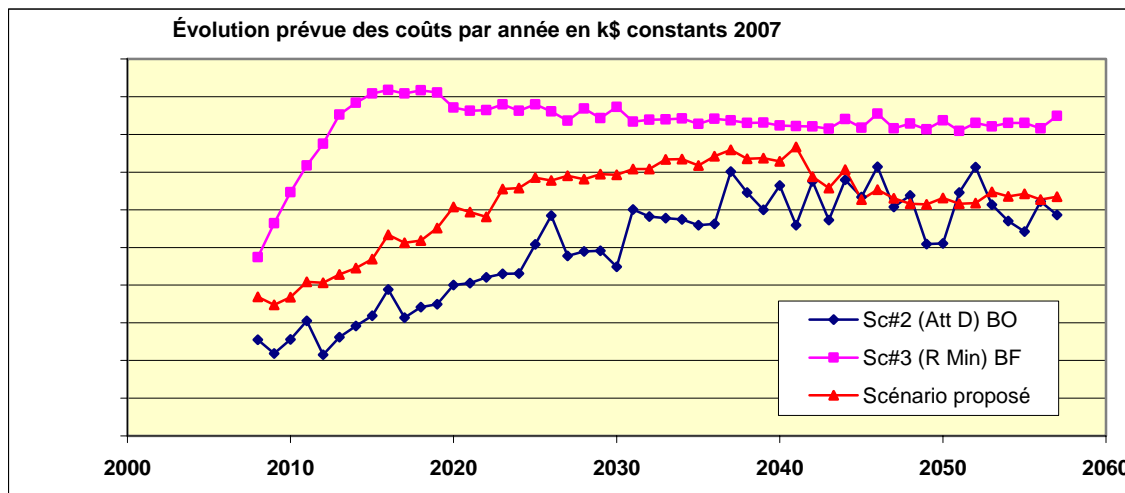


Figure 28 – Évolution des investissements prévus selon les scénarios 2, 3 et proposé (7)

7.1.2 Équipements civils

Dans ce cas, une bonne connaissance de l'état individuel des équipements est essentielle à l'évaluation de la pérennité des actifs. La grille d'analyse du risque est complétée pour les équipements civils, mais elle ne tient pas compte de leur état.

La grille sera ultérieurement complétée par une évaluation de l'état. La grille d'analyse du risque complétée ainsi que l'état seront ensuite intégrés à l'outil de simulation pour évaluer le niveau d'intervention et d'investissement optimal. La stratégie optimale à long terme dépendra du degré de détérioration observé de l'état (vétusté). Selon l'hypothèse que le vieillissement des équipements civils est similaire à celui de l'appareillage, l'investissement prévu à long terme pourrait augmenter considérablement, mais à un rythme qui dépendra de l'état des équipements.

Pour le moment, les interventions suivantes ont été retenues selon la démarche présentée à la pièce HQT-1, Document 1.2 : remplacement et réparation de bâtiments, remplacement des clôtures et réparation des bases en béton.

7.1.3 Lignes

Comme le Transporteur l'a mentionné précédemment, la grille de risque pour les lignes aériennes n'est pas encore totalement au point. La prochaine étape sera d'intégrer les éléments propres aux lignes afin d'évaluer le niveau d'intervention et d'investissement

optimal.

La stratégie optimale à long terme sera fonction du profil de vieillissement et du taux de détérioration observé de l'état (vétusté). Selon l'hypothèse que le vieillissement des lignes aériennes est similaire à celui de l'appareillage, l'investissement prévu à long terme pourrait augmenter considérablement, mais à un rythme qui dépendra de l'état des équipements.

Pour le moment, les interventions suivantes ont été retenues selon la démarche présentée à la pièce HQT-1, Document 1.2 et adaptée au cas des lignes.

- Étape 1 : Analyse de l'état en fonction des critères de pérennité décrits à la section 3.1.4
- Étape 2 : Orientation spécifique aux lignes
- Étape 3 : Analyse et choix des projets proposés

De ce fait la stratégie pour les équipements de lignes se poursuivra en 2009 dans la continuité des travaux antérieurs et touchera principalement : le remplacement des poteaux et traverses de bois, le remplacement des isolateurs sur les lignes à haute tension, le remplacement des autres composantes selon le degré de détérioration observé de l'état et le remplacement des câbles à l'huile par des câbles à sec pour les lignes souterraines.

7.2 Stratégie optimale d'intervention sans profil de vieillissement

7.2.1 Systèmes d'automatismes

La pérennité des systèmes d'automatismes ayant peu de liens avec les facteurs liés au vieillissement des équipements, la méthodologie retenue ne fait pas appel à l'outil de simulation, mais plutôt aux notions de vétusté et d'obsolescence. Le Transporteur a développé une nouvelle stratégie pour ces équipements qui prend en considération ces particularités. Elle est constituée des éléments suivants.

- Identification des relais et systèmes préoccupants, au moyen des critères de pérennité. En 2008, 77 systèmes ont été identifiés
- Intégration des systèmes préoccupants dans une matrice de risque. Les experts

du Transporteur ont fait un travail rigoureux afin d'assurer une distribution cohérente des systèmes dans l'axe de probabilité de cette matrice. La matrice de risque en Automatismes permet d'identifier 95 postes plus à risque, pour lesquels les investissements doivent être privilégiés.

- Afin de bénéficier des gains d'implantation d'une infrastructure numérique et en continuité avec le point précédent, les projets en Automatismes doivent suivre une approche globale du poste.
- Cette approche globale peut être optimisée par les éléments suivants :
 - des projets par étape – commencer par l'implantation d'une structure numérique ALCID (Automatismes Locaux et Conduite par Intelligence Distribuée);
 - l'implantation de projets BAC pour des postes satellites avec bâtiment de commande roulotte;
 - l'utilisation pour les réparations d'urgence de la MASU (Matériel Automatismes, Système, Urgence) ce qui permet de retarder les besoins dans les postes les moins à risques.

7.3 Cas particulier de l'Île de Montréal

Les installations de l'Île de Montréal font l'objet d'une approche particulière. Le réseau à 120 kV de l'Île, déployé massivement dans les années 50 et 60, arrive à la fin de sa vie utile.

Une étude en pérennité est en préparation pour tenir compte des installations à haut niveau de risque et des problématiques de vieillissement spécifiques aux installations extérieures et intérieures. La priorité sera accordée aux parties d'installations à 12 kV et 69 kV, de même qu'à certains équipements électriques et civils préoccupants. À cause de l'ampleur et de la simultanéité des problèmes de vétusté, de tenue aux courts-circuits et d'incapacité de transférer la charge d'un poste sur un autre pour permettre des travaux, plusieurs installations devront faire l'objet de reconstruction complète.

Les interventions du Transporteur dans les installations 120 kV-12 kV devront être bien planifiées et arrimées avec Hydro-Québec dans ses activités de distribution d'électricité

(le « Distributeur »). Les travaux de relocalisation des départs de lignes du Distributeur conjugués ou non à une conversion de 12 kV à 25 kV (étude cas par cas pour les reconstructions de poste) sont complexes et demandent beaucoup de ressources.

Un Plan d'évolution est en préparation pour définir l'architecture privilégiée pour l'alimentation des postes satellites en fonction de la charge actuelle et en intégrant les besoins de croissance, de pérennité, d'amélioration de la qualité, de respect des exigences et de sécurisation. De ce Plan découlera un programme d'équipements présentant un ordonnancement de projets à réaliser pour répondre aux problématiques identifiées.

8. Suivi et évaluation et de la stratégie

Dans une perspective d'amélioration continue, le Transporteur entend assurer un suivi de la conformité de sa gestion de la pérennité à la stratégie retenue.. Le Transporteur entend aussi évaluer la présente stratégie retenue par rapport aux alternatives possibles.

8.1 Suivi de la stratégie

Le suivi donnera lieu à une évaluation rigoureuse de la performance du Transporteur en matière de gestion de la pérennité et à une actualisation des critères de pérennité au besoin.

Voici des exemples de mesures et d'indicateurs qui seront mis en place en vue de suivre et d'ajuster la stratégie.

Pour les équipements de postes :

- évolution du risque simulé en fonction du scénario choisi en regard du risque réel des projets soumis;
- nombre d'équipements visés par les projets en regard du nombre d'équipements prévu par le scénario proposé.

Pour les équipements d'automatismes :

- nombre de projets visés par des projets d'automatismes en regard du nombre de postes à risques en Automatismes.

Tel que cela a été vu précédemment, la nouvelle stratégie de gestion de la pérennité des lignes aériennes en est à une étape préliminaire et le Transporteur entend améliorer cette dernière. À ce stade de développement, il est trop tôt pour présenter les perspectives d'évaluation et de suivi spécifiques à la stratégie de gestion des lignes.

Le Transporteur souligne par ailleurs, tel qu'il le mentionne à la section 1.1 de la pièce HQT-1, Document 1, que dans le cadre du processus de gestion des investissements par portefeuille qu'il est à mettre en place, il développera un tableau de bord des investissements qui permettra, entre autres, de faire une meilleure reddition de compte notamment quant aux demandes d'autorisation du budget des investissements pour les projets dont le coût individuel est inférieur à 25 M\$.

8.2 Évaluation de la stratégie d'investissements en pérennité

Les informations présentées dans le présent chapitre visent à répondre à la demande de la Régie de l'énergie dans sa décision D-2008-020 concernant les analyses coûts/bénéfices en Maintien des actifs. Le Transporteur présente ici l'analyse réalisée pour les investissements en maintien des actifs des familles d'actifs avec modèles de vieillissement. Le Transporteur souligne que cette analyse, dans laquelle différents scénarios sont évalués par rapport à un scénario de référence en considérant les coûts et les risques, respecte la méthodologie et les principes de l'analyse coûts/bénéfices énoncés à la pièce HQT-1, Document 3.

8.2.1 Source des données d'analyse

En matière de maintien d'actifs de réseau de transport d'électricité, la stratégie du Transporteur s'appuie sur la gestion des risques. Ainsi, un scénario performant en termes de coûts comportera plus de risque qu'un scénario moins performant. Il est donc important d'établir une mesure du risque éliminé par chacun des scénarios étudiés pour être en mesure de comparer les bénéfices escomptés de chacun d'eux.

Le simulateur présenté par le Transporteur au chapitre 6 permet d'anticiper l'évolution des coûts et des risques des différents scénarios étudiés. Le taux de risque, (indicateur introduit à la page 62), donne une mesure du risque anticipé qui tient compte du nombre d'équipements à risque et de la valeur du risque de chacun des équipements. En se référant à la figure 29 suivante, le risque cumulé résultant d'un scénario sur un horizon de temps visé peut être évalué par la formule suivante :

$$\text{Risque cumulé} = \int \text{Taux de risque (t)} dt \quad (\text{Sur l'horizon visé})$$

C'est-à-dire qu'on évalue le risque cumulé par la surface sous la courbe d'évolution prévue du taux de risque pour l'horizon de temps visé. À la suggestion du Centre

interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO), le Transporteur a utilisé, comme mesure du rendement de ses scénarios par rapport aux risques, le pourcentage du risque cumulé éliminé par un scénario étudié, par rapport à un scénario de référence.

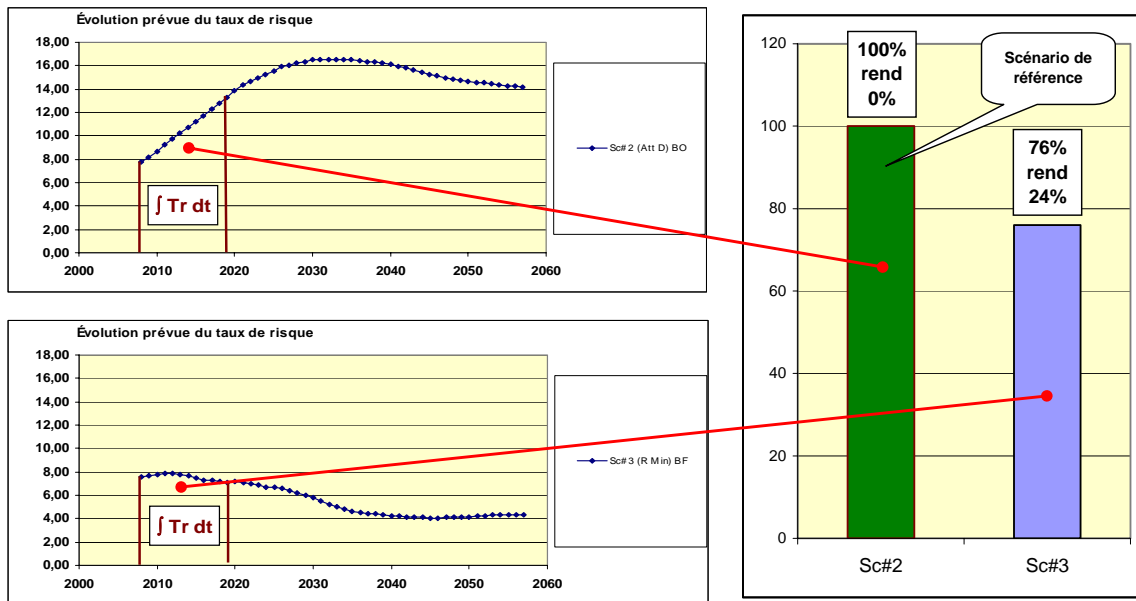


Figure 29 - Principes pour déterminer le rendement d'un scénario à partir du risque cumulé par rapport à un scénario de référence

Le Transporteur a sélectionné le scénario 2, consistant en l'attente de la défaillance de fin de vie de l'équipement avec prédicteur amélioré (voir, page 83), comme scénario de référence. C'est évidemment le scénario le plus à risque. Dans l'exemple illustré à la figure 29, le risque cumulé (surface sous la courbe) est évalué sur un horizon de dix ans. Les valeurs résultantes pour les scénarios 2 et 3 sont rapportées sur l'histogramme de droite où le scénario de référence (scénario 2) est ajusté à 100 pour cent à l'ordonnée (axe Y). Comme on peut le constater, le risque cumulé du scénario 3 (maintien du risque au minimum pour le même horizon de dix ans) se situe à 76 pour cent de la valeur du scénario de référence et il est donc de 24 pour cent inférieur à celui du scénario de référence. Ce rendement (de 24 pour cent dans le présent exemple) est utilisé par le Transporteur comme mesure du bénéfice du scénario étudié. Il correspond au pourcentage de risque cumulé éliminé par le scénario 3 par rapport au scénario 2 après dix ans.

Toujours à la suggestion du CIRANO, le volet « coûts » a aussi été évalué en termes de rendements comparés des coûts des scénarios. Tel que cela est illustré à la figure 30, les coûts prévus par simulations (coûts constants) sont sommés sur l'horizon de temps étudié. Le scénario de référence du Transporteur pour les coûts est le scénario 3 (maintien du risque au minimum). C'est le scénario le plus coûteux. Le rendement des scénarios étudiés s'exprimera donc ici comme le pourcentage de réduction des coûts par rapport au scénario de référence. Dans l'exemple de la figure 30, les coûts cumulés du scénario 2, consistant en l'attente de la défaillance de fin de vie de l'équipement avec prédicteur amélioré (voir page 83), se situe à 37 pour cent des coûts cumulés du scénario de référence. Son rendement, c'est-à-dire son pourcentage de réduction des coûts par rapport au scénario de référence, est donc de 63 pour cent.

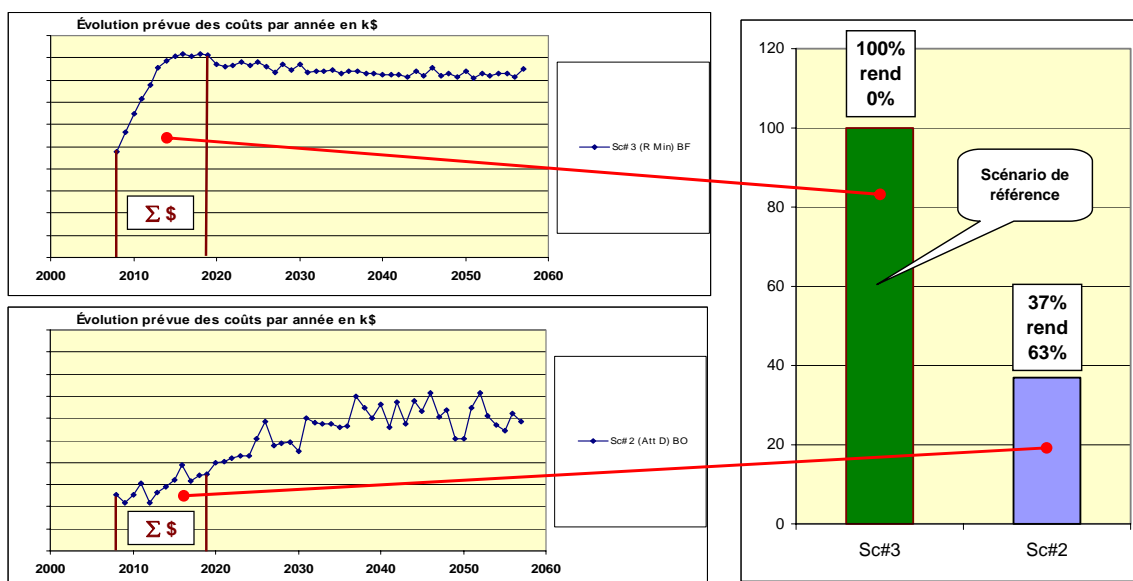


Figure 30 - Principes du rendement comparé des coûts des scénarios

8.2.2 Analyse de la stratégie d'investissements

La source des données d'analyse utilisées ayant été établie ci-dessus, l'analyse de la stratégie d'investissements réalisée est expliquée ci-après.

Il importe de souligner que l'analyse est effectuée pour un niveau d'investissement et non pour chaque projet individuellement. L'analyse comparative des scénarios étudiés

tient compte des coûts par le biais du rendement des scénarios par rapport au scénario de référence le plus coûteux et elle tient compte des bénéfices par le biais du rendement des scénarios par rapport au scénario de référence le plus à risque.

L'analyse du Transporteur considère deux horizons de temps. Un horizon de dix ans, qui permet d'analyser les effets les plus immédiats des scénarios étudiés, et un horizon de 50 ans, pour analyser les effets sur un cycle complet de vie de la plupart des équipements.

L'analyse comparée du Transporteur repose sur les cinq scénarios suivants présentés en détail aux pages 83 à 87.

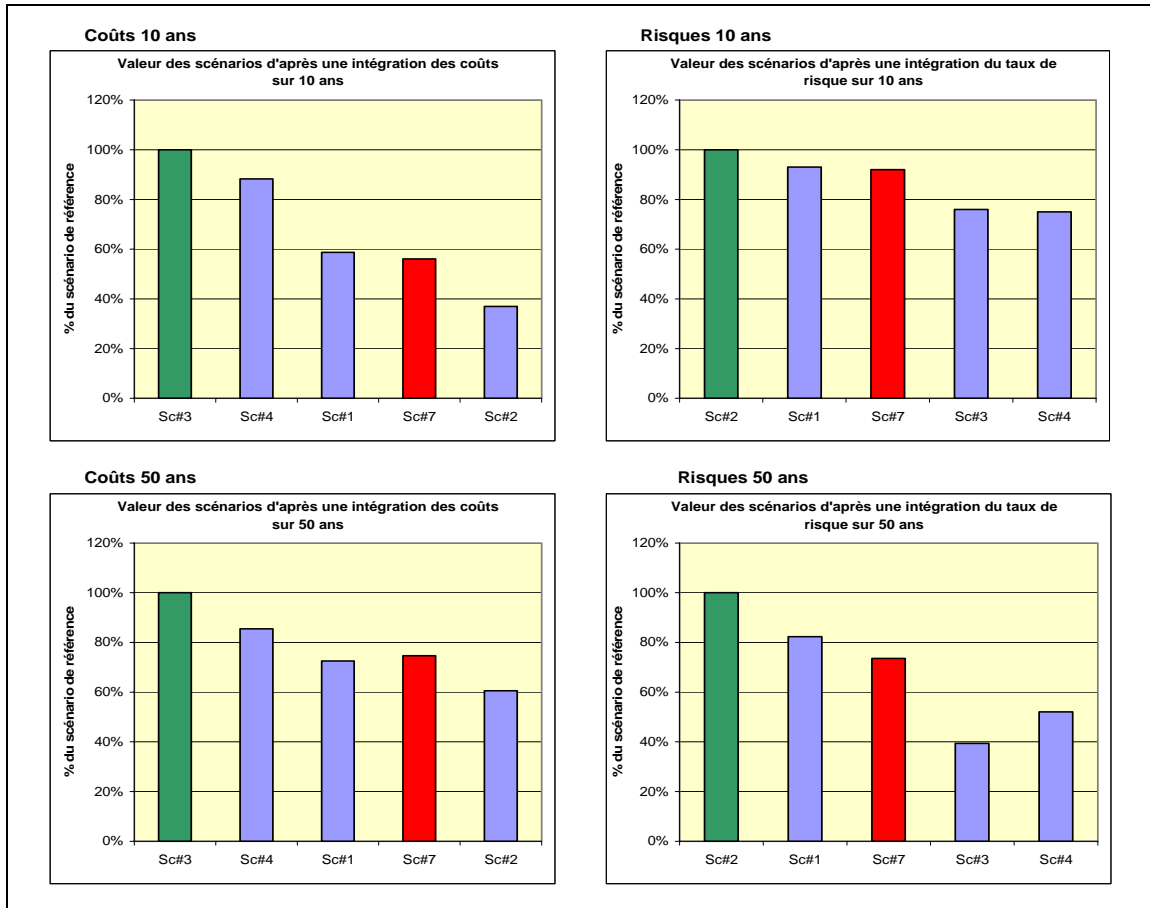
- Scénario 1 Attente de la défaillance de fin de vie historique de l'équipement.
- Scénario 2 Attente de la défaillance de fin de vie de l'équipement avec prédicteur amélioré (cas limite le plus risqué).
- Scénario 3 Maintien du risque au minimum par le respect strict des durées de vie utile prescrites (cas limite le plus coûteux).
- Scénario 4 Maintien du risque constant au niveau actuel.
- Scénario 7 Scénario avec hypothèses multiples expliquées aux pages 87 et 88.

La figure 31 de la page suivante présente les valeurs cumulées prévues du risque et les valeurs cumulées prévues des coûts, tel que cela a été expliqué précédemment, pour les horizons de dix ans et de cinquante ans étudiés. Le bâtonnet en vert des histogrammes identifie le scénario de référence, tandis que le bâtonnet en rouge identifie le scénario retenu par le Transporteur.

Le tableau 14 rend compte des différents rendements sur les coûts et des différents rendements sur les risques évalués tel que cela a été expliqué précédemment aux figures 29 et 30. Les cellules ombragées en jaune identifient les scénarios de référence tandis que les cellules ombragées en vert identifient les rendements du scénario retenu par le Transporteur.

La démarche analytique du Transporteur suit le tableau 14.

Figure 31 - Valeurs cumulées des coûts et des risques sur 10 et 50 ans



	Rendement sur coûts 10 ans	Rendement sur coûts 50 ans	Rendement sur risques 10 ans	Rendement sur risques 50 ans
Scénario 1	41 %	27 %	7 %	18 %
Scénario 2 (réf.)	63 %	39 %	0 %	0 %
Scénario 3 (réf.)	0 %	0 %	24 %	61 %
Scénario 4	12 %	15 %	25 %	48 %
Scénario 7	44 %	25 %	8 %	27 %

Tableau 14 - Rendement comparé des scénarios

8.2.3 Démarche analytique du Transporteur (Se référer au tableau 14)

Le Transporteur recherche le scénario le moins coûteux lui permettant de contrôler le risque relatif aux familles d'équipements dont l'importance stratégique, la logistique de remplacement ou de remise à neuf, ou l'absence de moyens de mitigation nécessitent un contrôle du risque rigoureux. Le Transporteur juge que le niveau actuel de risque de ces équipements est celui qu'il vise à long terme. Par contre, conscient qu'une vague d'équipements vieillissants se présente et qu'il faudra plusieurs années pour l'absorber, le Transporteur entend mettre les moyens nécessaires en place pour gérer un certain niveau de risque supplémentaire sur ces équipements.

Le Transporteur décrit ici, à partir des éléments précédemment présentés, l'analyse qui l'a conduit à retenir le scénario 7. Le Transporteur mentionne que l'ordre de présentation des scénarios obéit à la démarche analytique expliquée.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Éléments d'analyse</i>
<p>Scénario 2 (réf.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'attente de la défaillance de fin de vie des équipements avec prédicteur amélioré est le scénario qui s'approche le plus de l'attente effective d'un bris sans aucune action préventive. C'est un scénario essentiellement passif. ▪ C'est le scénario le moins coûteux présentant les rendements sur les coûts les plus élevés. ▪ Il n'y a aucun rendement sur les risques. <i>Il amène les risques à un niveau inacceptable pour le Transporteur.</i> Quoiqu'il n'existe pas, pour l'instant, de manière d'estimer les coûts des conséquences, le Transporteur juge qu'ils seraient considérables et conséquemment inacceptables. <p><u>Conclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ce scénario est rejeté à cause du taux de risque projeté. Il demeure cependant un scénario intéressant pour fixer une limite inférieure aux coûts. Quel que soit le scénario retenu, ses coûts seront supérieurs à ceux du scénario 2 et son rendement sera inférieur sur les coûts. C'est pourquoi ce scénario sert de référence pour comparer les risques.
<p>Scénario 3 (réf.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le maintien des risques au minimum est le scénario le plus coûteux (aucun rendement sur les coûts). ▪ Il présente évidemment les meilleurs rendements sur les risques. Il est sur un pied d'égalité avec le scénario 4 (à risque constant) sur un horizon de 10 ans, mais il est nettement le meilleur sur un horizon de 50 ans. <p><u>Conclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ce scénario est rejeté. <i>Le niveau actuel des risques est jugé gérable par le Transporteur qui ne voit pas la nécessité d'investir davantage pour l'abaisser.</i> Par ailleurs, avec un rendement sur les coûts de 12 pour cent pour le scénario 4 (à risque constant) par rapport au rendement nul du scénario 3, les deux scénarios présentent un rendement comparable après 10 ans sur les risques. Le scénario 4 est donc supérieur sur cet horizon. Le scénario 3 est utilisé comme référence pour comparer les coûts.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Éléments d'analyse</i>
<p>Scénario 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le maintien des risques sur tous les équipements à un niveau constant correspondant au niveau actuel a un rendement élevé en matière de risques (25 pour cent sur 10 ans et 48 pour cent sur 50 ans), mais un rendement faible en matière de coûts (12 pour cent sur 10 ans et 15 pour cent sur 50 ans). <p><u>Conclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Étant donné que les objectifs du Transporteur ne visent pas à maintenir un risque constant sur tous ses équipements et qu'il entend tolérer et gérer un risque supérieur (risque consenti) le temps de passer la vague d'équipements vieillissants à venir, le Transporteur estime que des scénarios supérieurs en termes de rendement des coûts sont possibles. Ce scénario est rejeté.
<p>Scénario 1 et Scénario 7</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les scénarios 1 et 7 sont analysés conjointement car ils partagent un argumentaire de comparaison commun. ▪ Le scénario 1 (attente de la défaillance historique de fin de vie de l'équipement) est le scénario qui s'inscrit le plus dans la continuité des manières de faire des dernières années. ▪ Le scénario 7 implique des hypothèses d'enrichissement multiples expliquées à la pièce HQT-2, Document 1. ▪ Le scénario 7 présente, sur un horizon de 10 ans, un rendement sur les coûts de 44 pour cent légèrement supérieur à celui du scénario 1 (41 pour cent). Il présente, sur cet horizon, le deuxième meilleur rendement après celui du scénario 2 (attente de la défaillance), qui est un scénario inacceptable en termes de risque. ▪ Sur un horizon de 10 ans, à cause de la vague d'équipements vieillissants qu'il faudra gérer, les rendements en matière de risques des scénarios 1 et 7 sont comparables. Sur un horizon de 50 ans cependant, les enrichissements du scénario 7 amènent un rendement sur les risques de 27 pour cent par rapport à un rendement de 18 pour cent prévu avec le scénario 1. <p><u>Conclusion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sur la base des éléments d'analyse présentés, le Transporteur retient le scénario 7 en tant que scénario proposé.

8.2.4 Analyses de la stratégie d'investissements par familles d'actifs

Dans sa décision D-2008-020, la Régie requiert des exemples types d'analyses coûts/bénéfices par familles d'actifs. Le Transporteur présente ici, en relation avec la démonstration précédente, comment sont traitées les familles d'actifs avec modèle de vieillissement à cet égard dans le contexte de l'évaluation de sa stratégie. Il présente par la suite des limites et d'autres considérations à prendre en considération.

Le Transporteur rappelle les objectifs recherchés mentionnés au début de la section 8.2.3. Dans le contexte des familles d'actifs, cela revient à diviser les familles en deux :

- les familles d'actifs où un contrôle rigoureux du risque est nécessaire;
- les familles d'actifs où l'attente de la défaillance de fin de vie de l'équipement ou sa détection imminente par un test approprié sont possibles.

À ces deux modes de gestion correspondent deux types d'analyse distincts. Le Transporteur présente ici un exemple pour chaque type et des explications suivront quant aux limites de ces analyses.

8.2.4.1 Familles d'actifs avec risque contrôlé - Exemple des disjoncteurs

La figure 32 qui suit présente les valeurs cumulées prévues du risque et les valeurs cumulées prévues des coûts pour les disjoncteurs, tel que cela a été expliqué précédemment, pour les horizons de dix ans et de cinquante ans étudiés. Le bâtonnet en vert des histogrammes identifie le scénario de référence, tandis que le bâtonnet en rouge identifie le scénario retenu par le Transporteur.

Le tableau 15 rend compte des différents rendements sur les coûts et des différents rendements sur les risques évalués pour les disjoncteurs, tel que cela a été expliqué précédemment aux figures 29 et 30. Les cellules ombragées en jaune identifient les scénarios de référence tandis que les cellules ombragées en vert identifient les rendements du scénario retenu par le Transporteur.

La démarche analytique du Transporteur est la suivante.

- Parce que le Transporteur veut contrôler rigoureusement le risque, ***l'efficience sur le rendement face au risque a primauté.***
- Les scénarios 1 et 2, tous deux d'attente de défaillance de fin de vie des équipements, sont à exclure. Les rendements sur le risque y sont inacceptables : 8 pour cent sur l'horizon de 10 ans avec le scénario 1 et nul avec le scénario 2.
- Les scénarios 3 et 4, respectivement de maintien du risque au minimum et de maintien du risque constant au niveau actuel, ont des rendements importants face aux risques : de 24 pour cent sur 10 ans et de 73 pour cent sur 50 ans pour le scénario 3 et de 33 pour cent sur 10 ans et de 52 pour cent sur 50 ans pour le scénario 4. Par contre, particulièrement pour les prochains 10 ans, les rendements sur les coûts sont nuls pour le scénario 3 et relativement faibles (19 pour cent) pour le scénario 4.

- Sur un horizon de 10 ans, le scénario 7, s'apparentant à un scénario 4 de risque constant mais à ressources limitées pour les familles d'actifs à risque contrôlé (avec hypothèses multiples expliquées à la pièce HQT-2, Document 1), présente un rendement sur le risque de 18 pour cent, c'est-à-dire inférieur de seulement 6 pour cent à celui du scénario 3 (risque minimum), qui s'établit à 24 pour cent (rendement limité sur cet horizon par la vague de disjoncteurs vieillissants à traiter).

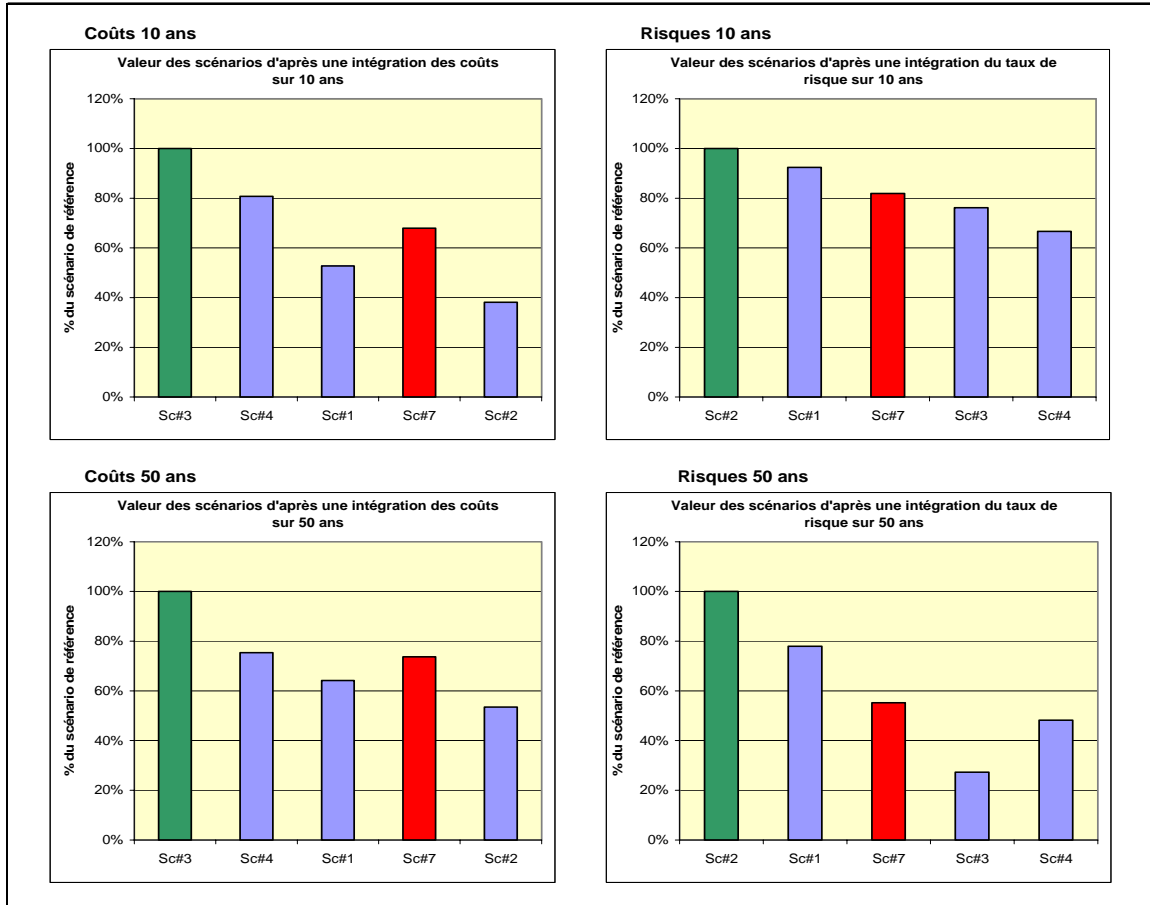
Conclusion :

- Le Transporteur a retenu le scénario 7 dont le rendement sur le risque n'est pas le meilleur, mais suffisant (risque consenti gérable). ***Par contre, pour le prochain horizon de 10 ans, il présente le meilleur rendement sur les coûts des scénarios acceptables en terme de risque : 32 pour cent de rendement pour le scénario 7, contre 19 pour cent pour le scénario 4 et nul pour le scénario 3.***

Par la nature même de l'élaboration des scénarios, toutes les analyses sur les familles d'actifs avec modèles de vieillissement et gérées à risque contrôlé présentent les mêmes caractéristiques, la même démarche analytique et un même verdict.

Le Transporteur expliquera à la section « Limites quant aux analyses par familles d'actifs » les limites et autres considérations à prendre en considération.

Figure 32 - Valeurs cumulées des coûts et des risques des disjoncteurs



	Rendement sur coûts 10 ans	Rendement sur coûts 50 ans	Rendement sur risques 10 ans	Rendement sur risques 50 ans
Scénario 1	47%	36%	8%	22%
Scénario 2 (réf.)	62%	47%	0%	0%
Scénario 3 (réf.)	0%	0%	24%	73%
Scénario 4	19%	25%	33%	52%
Scénario 7	32%	26%	18%	45%

Tableau 15 - Rendement comparé des scénarios pour les disjoncteurs

8.2.4.2 Familles d'actifs gérées en boucle ouverte - Exemple des sectionneurs

Le Transporteur rappelle qu'il s'agit des familles d'actifs où l'attente de la défaillance de fin de vie de l'équipement ou sa détection imminente par un test approprié sont possibles. Ces familles d'actifs sont dites « gérées en boucle ouverte » à cause du mécanisme par lequel le simulateur réalise les projections.

La figure 33 qui suit présente les valeurs cumulées prévues du risque et les valeurs cumulées prévues des coûts pour les sectionneurs, tel qu'expliqué précédemment, pour les horizons de dix ans et de cinquante ans étudiés. Le bâtonnet en vert des histogrammes identifie le scénario de référence, tandis que le bâtonnet en rouge identifie le scénario retenu par le Transporteur.

Le tableau 16 rend compte des différents rendements sur les coûts et des différents rendements sur les risques évalués pour les sectionneurs, tel que cela a été expliqué précédemment aux figures 29 et 30. Les cellules ombragées en jaune identifient les scénarios de référence tandis que les cellules ombragées en vert identifient les rendements du scénario retenu par le Transporteur.

La démarche analytique du Transporteur est la suivante.

- Parce que le Transporteur démontre ici une forte tolérance face aux risques, **la primauté sera la recherche de rendements élevés sur les coûts.**
- Les scénarios 3 et 4, respectivement de maintien du risque au minimum et de maintien du risque constant au niveau actuel, ont des rendements importants face aux risques : de 24 pour cent sur 10 ans et 66 pour cent sur 50 ans pour le scénario 3; de 24 pour cent sur 10 ans et de 54 pour cent sur 50 ans pour le scénario 4. Par contre, particulièrement pour les prochains 10 ans, les rendements sur les coûts y sont nuls autant pour le scénario 3 que pour le scénario 4. Parce que la primauté est la recherche de rendement sur les coûts, ces scénarios sont exclus.

- Pour les familles d'actifs gérées en boucle ouverte,, le scénario 7 équivaut au scénario 1 d'attente de la défaillance de fin de vie historique des équipements. À partir d'ici le choix doit donc se faire entre les scénarios 7 et 2.

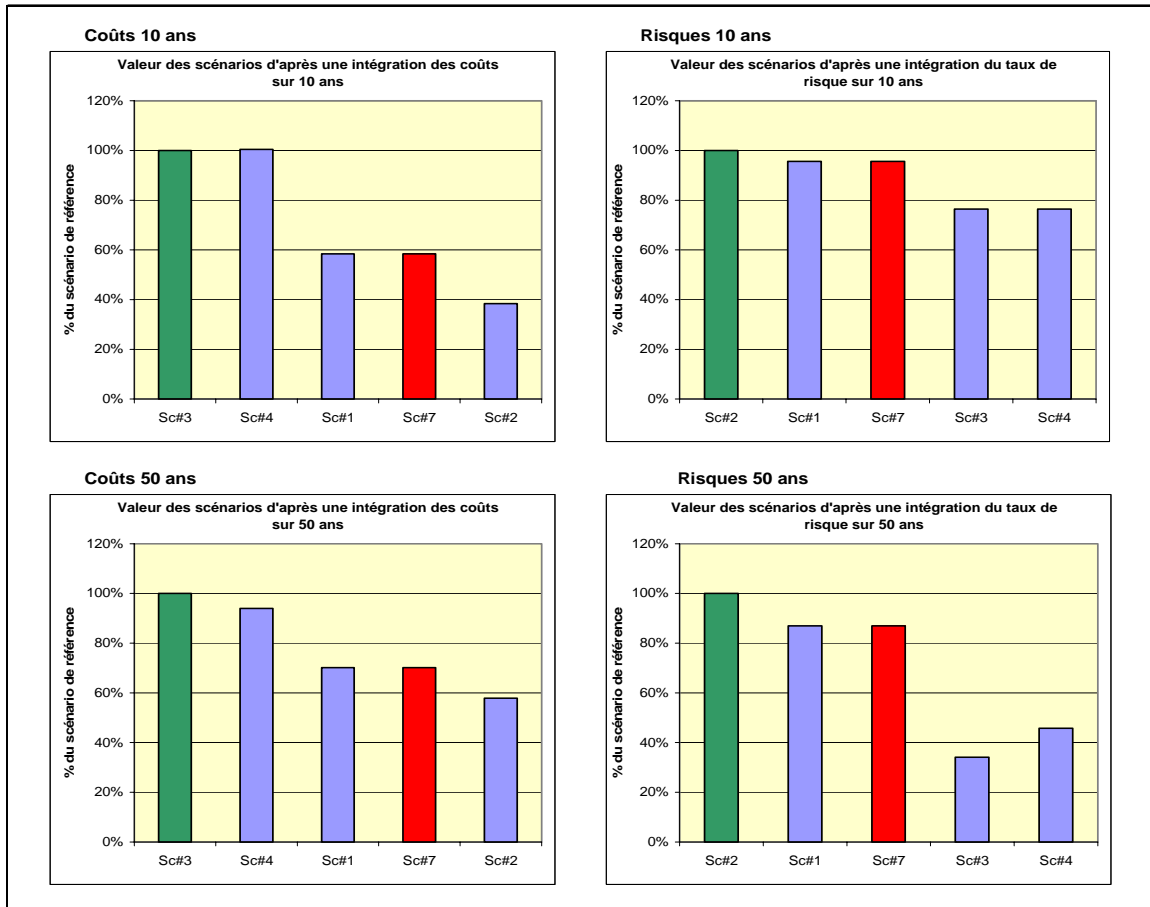
Conclusion :

- Le Transporteur retient le scénario 7 **à cause de ses rendements sur le risque** de 4 pour cent sur un horizon de 10 ans et de 13 pour cent sur un horizon de 50 ans **contre les rendements nuls sur le risque du scénario 2** sur les deux horizons. Les rendements inférieurs du scénario 7 par rapport au scénario 2 en matière de coûts correspondent aux coûts de remplacements et de remises à neuf liés à la détection de fin de vie par un test (d'où un certain devancement). Le Transporteur considère que le scénario 2 représente un risque trop important, car il implique d'attendre systématiquement la défaillance de l'équipement avant de le remplacer.

Par la nature même de l'élaboration des scénarios, toutes les analyses sur les familles d'actifs gérées en boucle ouverte présentent les mêmes caractéristiques, la même démarche analytique et une même conclusion.

Le Transporteur expliquera à la section « Limites quant aux analyses par familles d'actifs » les limites et autres considérations à prendre en considération.

Figure 33 - Valeurs cumulées des coûts et des risques des sectionneurs



	Rendement sur coûts 10 ans	Rendement sur coûts 50 ans	Rendement sur risques 10 ans	Rendement sur risques 50 ans
Scénario 1	42 %	30 %	4 %	13 %
Scénario 2 (réf.)	62 %	42 %	0 %	0 %
Scénario 3 (réf.)	0 %	0 %	24 %	66 %
Scénario 4	0 %	6 %	24 %	54 %
Scénario 7	42 %	30 %	4 %	13 %

Tableau 16 - Rendement comparé des scénarios pour les sectionneurs

8.2.5 Limites quant aux analyses par familles d'actifs

Les exemples d'analyses par types d'actifs présentées précédemment ont certaines limites. Elles sont toutes assujetties, par exemple, à la première analyse présentée concernant toutes les familles d'actifs avec modèles de vieillissement. En d'autres mots, le fait d'optimiser chacune des familles d'actifs par rapport à elle-même ne signifie pas que l'ensemble obtenu est optimal.

Parce que des ressources du Transporteur peuvent être partagées pour œuvrer indifféremment sur des familles d'actifs distinctes, il peut être avantageux d'être moins performant sur une famille d'actifs pour l'être davantage sur une autre et obtenir un ensemble plus performant. Le Transporteur énonce à la pièce HQT-1, Document 1.2, à l'étape 3 de sa démarche (déterminer les projets et les investissements à retenir), quels sont les éléments principaux à considérer pour amorcer cette optimisation.

Dans les améliorations prévues à sa démarche le Transporteur entend travailler sur cet aspect.

9. Activités de maintenance liées à la stratégie de pérennité

L'analyse de la relation entre la maintenance et le vieillissement se poursuivra dans les années futures et le Transporteur ajustera en conséquence la planification de ses interventions en maintenance et adaptera au besoin ses normes et pratiques de maintenance.

10. Impact de la stratégie sur l'indice de continuité

En réponse à une demande de la Régie de l'énergie dans sa décision D-2008-020, le Transporteur fait le point sur la difficulté qu'il rencontre à quantifier l'impact des interventions réalisées sur l'indice de continuité de service (IC).

Rappelons tout d'abord que l'IC est un indicateur qui mesure la durée moyenne des interruptions par client d'Hydro-Québec dans ses activités de distribution d'électricité (le « Distributeur ») selon les pannes et les interruptions programmées sur le réseau de transport. Les bris d'équipements sont une des causes des interruptions (« cause bris d'équipements »).

Comme l'indique l'analyse suivante du Transporteur, il est difficile d'établir un lien direct entre le taux de risque et l'indice de continuité (IC).

La figure 34 ci-dessous présente pour une période de six ans l'évolution de l'IC (IC total dans la figure) et l'évolution de la cause bris d'équipements (IC (bris d'équipement) dans la figure). La cause bris d'équipements représente environ 34 pour cent de la valeur de l'IC total par année et ce rapport est relativement constant. La tendance de la cause bris d'équipements est légèrement en hausse.

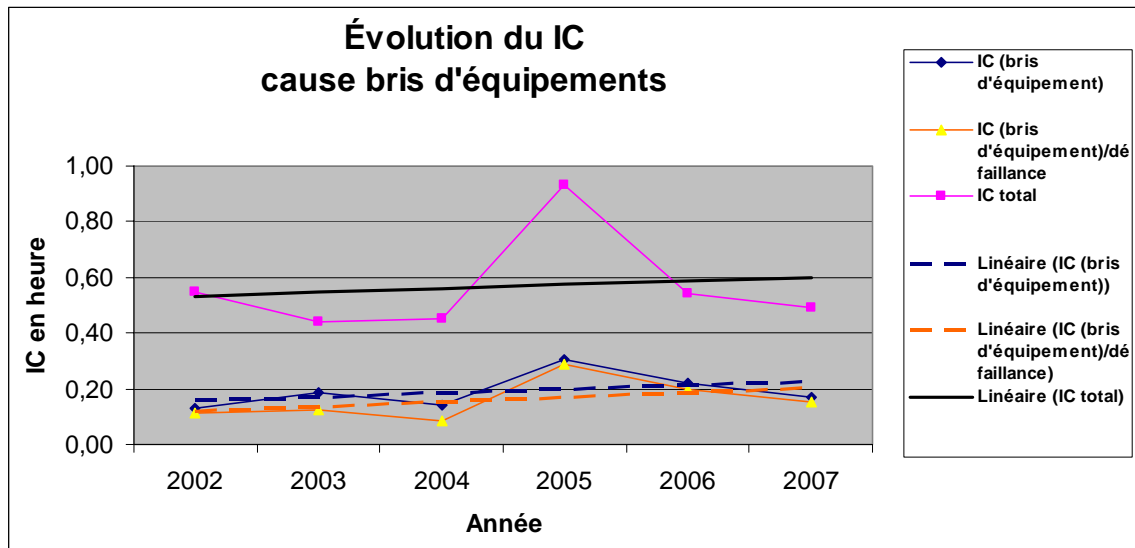


Figure 34

Le Transporteur a de plus comparé les postes dont l'IC (bris d'équipement) est supérieur à la moyenne (0,2 heure) avec le taux de risque de ces mêmes postes.

La comparaison ne révèle aucune corrélation claire entre les équipements à risques et l'IC. Ceci peut possiblement s'expliquer par le fait que les causes de bris sont diverses, et ne sont pas nécessairement liées au taux de risque. Les bris peuvent en effet résulter de causes comme l'augmentation de la sollicitation des équipements sur le réseau, la robustesse moindre des équipements nouveaux ou le retard en maintenance globale.

La stratégie de gestion de la pérennité du Transporteur n'a que deux ans. Les relations entre la performance observée des actifs, leur vieillissement et le niveau de maintenance effectué sur ceux-ci sont complexes. Le travail d'analyse de ces relations doit se poursuivre. Le Transporteur fera le point à ce sujet dans la prochaine demande.

Conclusion

La stratégie optimisée de gestion de la pérennité des actifs du Transporteur constitue une amélioration significative de la démarche utilisée antérieurement. La transition d'un parc d'actifs jeunes à un parc d'actifs vieillissants explique la nécessité de revoir et d'adapter la démarche du Transporteur en la matière. La stratégie optimisée améliore plusieurs aspects.

- D'une part, la pérennité du parc est assurée par une vision des actifs dans leur durée. En tenant compte d'un horizon aussi lointain que cinquante (50) ans, le Transporteur s'assure d'une stratégie de gestion à long terme qui garantit aux futurs utilisateurs l'héritage d'un réseau en santé.
- D'autre part, par un pronostic plus juste du comportement anticipé du parc par rapport aux actifs vieillissants, le Transporteur gère les niveaux de risques prévus et sélectionne une stratégie optimisée en regard des ressources (coûts et main-d'œuvre) en évitant de surinvestir là où le risque ne le justifie pas.
- À court terme, les grilles de risque, intégrées à la stratégie de gestion optimisée, permettent au Transporteur d'établir le niveau d'interventions nécessaires et, conséquemment, le montant demandé pour assurer la pérennité des actifs dans le cadre de la demande d'autorisation à la Régie de l'énergie des investissements en Maintien des actifs du Transporteur pour l'année 2009.

La stratégie optimisée du Transporteur permet donc d'établir les investissements à effectuer à court terme, dans un cadre cohérent à long terme assurant la pérennité comme telle.

Le Transporteur entend poursuivre le développement, l'amélioration et l'évaluation de sa stratégie.

Développement

- Compléter la stratégie « lignes aériennes » en ajoutant les simulations, pour étudier différents scénarios de gestion, aux grilles de risque (première version) développées en 2007-2008 (préalable nécessaire avant les simulations).

- Compléter l'élaboration des critères de pérennité des équipements civils.
- Intégrer les autres paramètres importants pour lesquels le Transporteur n'a pas encore toutes les données nécessaires.

Amélioration

- Tenir compte de l'expérience découlant de l'utilisation des outils développés pour corriger les aspects où des lacunes sont identifiées, notamment dans le cas de la grille de risque « lignes » (première version) qui en est à ses premières utilisations.
- Intégrer des recommandations issues des évaluations externes des outils développés, notamment les recommandations du Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO) auquel le Transporteur a demandé l'évaluation de ses outils et celles issues de la Régie de l'énergie.

Évaluation

- Le Transporteur entend rester critique et vigilant par rapport à sa stratégie. Quoique les scénarios étudiés lui apparaissent les meilleurs pour l'instant, il entend poursuivre l'étude d'autres scénarios et l'amélioration continue des scénarios retenus dans un contexte d'affaires évolutif.