

RÉSUMÉ

Le présent rapport, *Life Cycle Cost Estimate for the Used Fuel Transportation System* (Estimation du coût du cycle de vie du système de transport du combustible irradié), présente les estimations du coût du cycle de vie et du calendrier de mise en œuvre du transport du combustible nucléaire irradié vers un dépôt centralisé dans le cadre de la Gestion adaptative progressive (GAP), la solution adoptée par le gouvernement du Canada pour la gestion du combustible nucléaire irradié canadien.

Le gouvernement du Canada a confié à la Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) la tâche de mettre en œuvre la GAP. En 2009/2010, la SGDN a entrepris de mettre à jour les travaux d'ingénierie de conception effectués antérieurement dans le cadre du programme de la GAP, y compris les travaux se rapportant au transport du combustible irradié vers une installation de gestion centralisée, c'est-à-dire le Système de transport du combustible irradié (STCI).

L'ingénierie de conception du système de transport prévoit l'utilisation de camions à semi-remorque spécialisés et de colis de transport de combustible irradié homologués (CTCI) pour expédier le combustible irradié depuis les sites des réacteurs vers un dépôt géologique en profondeur centralisé (DGP). Les éléments de conception du DGP sont décrits dans deux rapports connexes :

- *Deep Geological Repository Design Report – Crystalline Rock Environment* (Rapport sur la conception du dépôt géologique en profondeur – Environnement de roche cristalline), fourni à la SGDN par SNC-Lavalin Nucléaire (SLN 020606-6100-REPT-0001);
- *Deep Geological Repository Design Report - Sedimentary Rock Environment* (Rapport sur la conception du dépôt géologique en profondeur – Environnement de roche cristalline), fourni à la SGDN par SNC-Lavalin Nucléaire (SLN 020606-6200-REPT-0001).

La conception du système de transport a été effectuée en fonction d'un transport entièrement routier vers un DGP construit dans une formation de roche sédimentaire ou cristalline (les installations de réception sont équivalentes et la conception de transport par camion décrite dans le présent rapport convient aux deux types de dépôt).

La conception actuelle du système de transport est décrite dans *Transportation Design Report* (Rapport sur la conception du transport), fourni à la SGDN par SNC-Lavalin Nucléaire (SLN 020606-4200-REPT-0001). Comme le décrit ce document, le système de transport proposé est basé sur une répartition des grappes de combustible entre plusieurs sites de réacteurs, une flotte de camions à semi-remorque spécialisés, des équipements d'intervention d'urgence, des équipements de surveillance en temps réel et des caractéristiques additionnelles composant un système global répondant aux exigences réglementaires actuelles et permettant d'acheminer de manière sûre et sécuritaire les inventaires de combustible nucléaire irradié jusqu'au DGP. Le présent rapport, *Estimation du coût du cycle de vie du système de transport du combustible nucléaire irradié*, décrit l'estimation des coûts et du calendrier associés à ce système.

Deux scénarios relatifs à l'inventaire total de combustible irradié sont considérés dans le Rapport sur la conception du transport et dans la présente Estimation du coût du cycle de vie du système de transport du combustible nucléaire irradié : 3,6 millions de grappes de combustible irradié (Scénario de base) et 7,2 millions de grappes de combustible irradié (Second scénario). La répartition des grappes est décrite dans le tableau ci-dessous.

Propriétaire	Scénario de base	Second scénario
Ontario Power Generation	3 272 140	6 567 228
EACL	30 715	30 715
Hydro-Québec	132 838	272 000
Énergie Nouveau-Brunswick	121 758	285 000
TOTAL (arrondi)	3 600 000	7 200 000

Tant dans le cas du Scénario de base que du Second scénario, une même cadence de transport/livraison de 120 000 grappes de combustible irradié par année a été fixée d'après la capacité de la conception actuelle du DGP.

Ce rapport présume que l'inventaire de grappes envisagé est celui des divers sites de réacteurs existants (Scénario de base) ou est composé de l'inventaire des sites actuels et de celui de deux nouveaux réacteurs (dont l'emplacement est indéterminé) (Second scénario). Pour calculer les coûts et déterminer le calendrier d'exécution du volet du transport, il a été présumé que le DGP était situé quelque part dans la province de l'Ontario. Des distances et temps de transport nominaux ont été présumés afin de préciser les aspects logistiques du système. Ces hypothèses sont résumées dans le tableau ci-dessous

Site	Scén. de base N ^{bre} de grappes	Second scénario N ^{bre} de grappes	Distance transportée présumée (km)	Main-d'œuvre requis (personnes-h) ¹
Pickering	856 113	1 235 943	1 000	89
Darlington	891 482	1 332 037	1 000	89
Bruce	1 524 545	2 340 197	1 000	89
Douglas Point	22 256	22 256	1 000	89
Chalk River	4 886	4 886	1 000	89
Whiteshell	360	360	1 000	89
Gentilly 1	3 213	3 213	1 500	112
Gentilly 2	132 838	272 000	1 500	112
Point Lepreau	121 758	285 000	2 500	162
Nouveau réacteur A		807 738	1 000	89
Nouveau réacteur B		851 313	1 000	89
TOTAL (arrondi)	3 600 000	7 200 000		

¹ Équipe de quatre personnes selon les normes applicables en matière de transport par camion sans escale.

La phase d'exploitation du système de transport dépend de l'inventaire de combustible considéré et de la cadence de transport. Le système du Scénario de base sera exploité pendant 30 ans, alors que le système du Second scénario sera exploité pendant une période de 60 ans.

Pour la plupart des sites de réacteurs, les estimations du coût de cycle de vie et du calendrier d'exécution prévoient la construction d'une cellule chaude, d'une aire d'expédition et d'une installation de chargement du combustible. La cellule chaude est utilisée pour transférer le combustible irradié dans des modules, lesquels sont insérés dans un CTCl. De telles installations devront être construites aux sites de Pickering,

Bruce, Darlington, Gentilly et Point Lepreau. Il est présumé que les deux unités de Gentilly se partageront une cellule chaude, tout comme les sites de Douglas Point et de Bruce.

Vu les faibles quantités de combustible entreposées aux installations de Chalk River et de Whiteshell d'EACL, des études supplémentaires devront être réalisées pour définir un moyen économique de charger le combustible dans les CTCl à ces endroits. Des postes budgétaires basés sur une méthode de transfert colis à colis hypothétique sont compris dans la présente estimation.

L'estimation du coût du système STCl ne comprend pas les coûts associés à la récupération des modules de combustible irradié sur les sites des réacteurs. Il est présumé que les propriétaires des réacteurs récupéreront le combustible irradié et rempliront les modules, lesquels seront prêts à être chargés dans les CTCl.

Coûts annuel et cumulatif associés au Scénario de base et au Second scénario

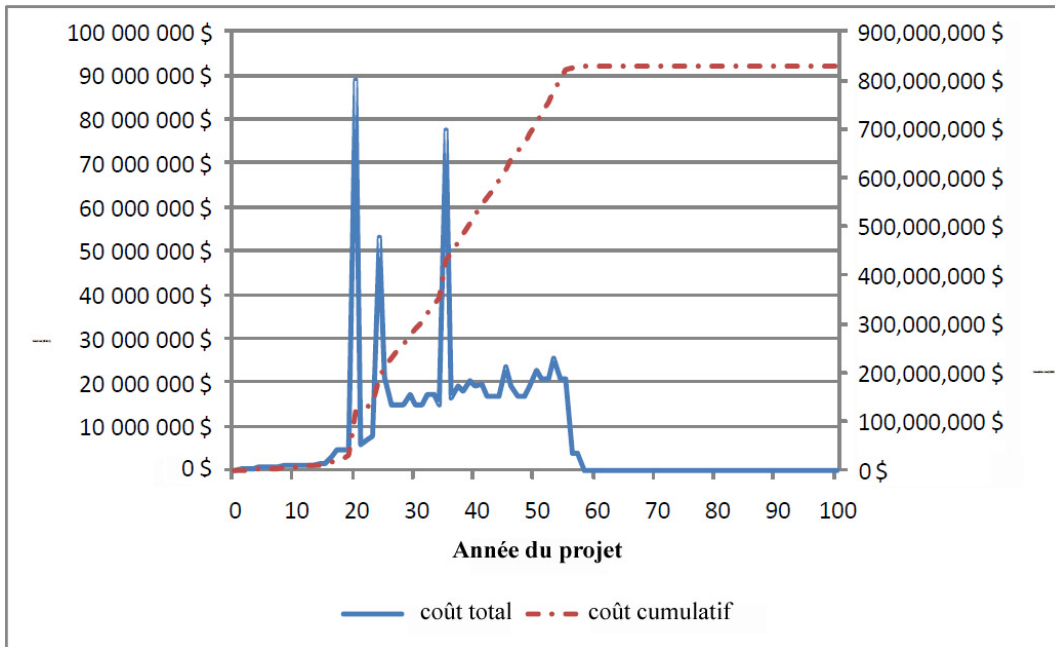
Les éléments conceptuels du Scénario de base et du Second scénario ont été divisés en structures de répartition du travail (SRT). Des estimations ont été préparées pour les domaines de la main-d'œuvre, des matériaux et équipements permanents, des autres coûts et pour une réserve (la réserve est un pourcentage qui couvre les coûts associés à des exigences connues mais non encore définies pour chaque élément de travail).

La provision pour éventualités, une somme ajoutée pour couvrir les événements incertains et les risques associés au projet, a été incluse en tant que montant forfaitaire. La provision pour éventualités a été ajoutée à la demande de la SGDN pour refléter les risques et les incertitudes tels que définis par la SGDN.

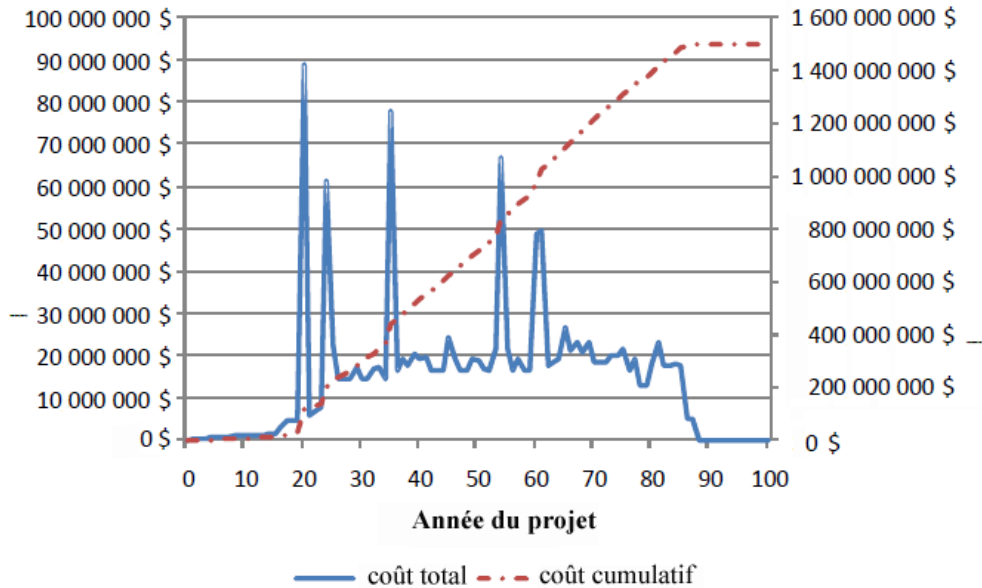
Au total, d'après la méthodologie, les données et les hypothèses détaillées dans ce rapport, le coût du transport du combustible irradié en dollars canadiens constants de 2010 s'élève à :

- 828 millions de dollars pour le Scénario de base (sans compter les éventualités);
- 1 496 millions de dollars pour le Second scénario (sans compter les éventualités).

En se basant sur les années d'engagement des dépenses et aux années globales de début et de fin de chaque élément de travail, on peut constituer le graphique suivant représentant le coût annuel et la progression dans le temps du coût cumulatif de la GAP correspondant au Scénario de base.

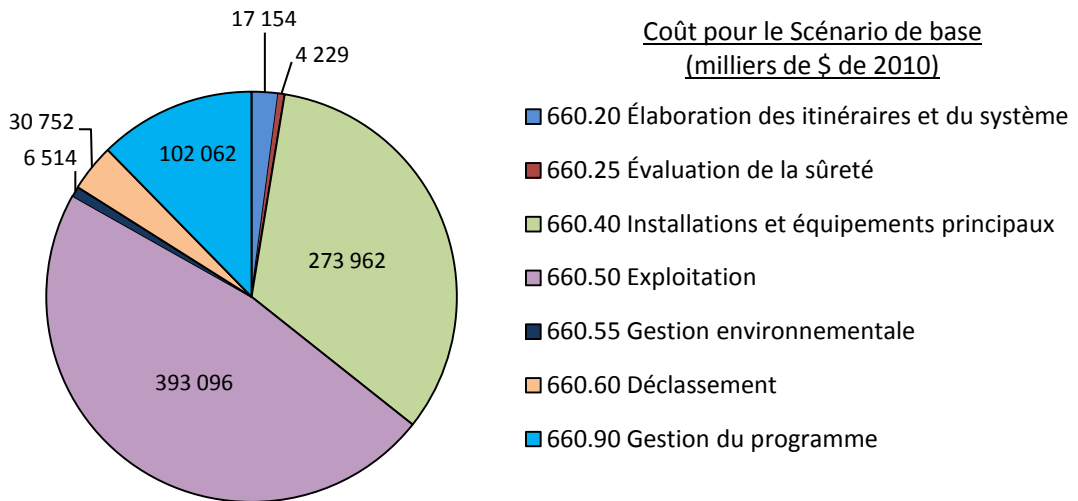


Les coûts totaux annuels et les coûts totaux cumulatifs pour le Second scénario s'établissent comme suit :



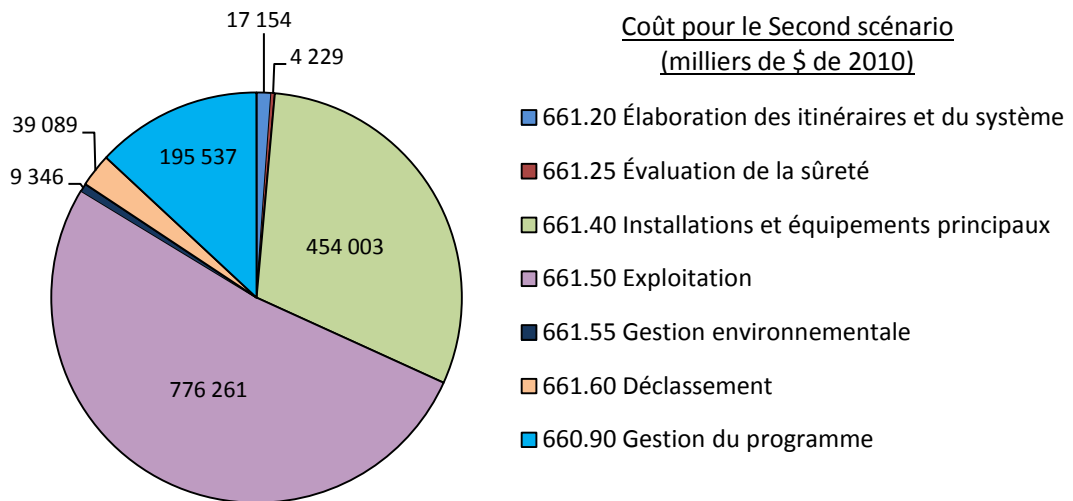
D'après les calculs effectués pour chaque élément de travail constituant la structure de répartition du travail, les coûts estimatifs pour le Scénario de base (660) s'établissent comme suit :

SRT	Poste	Coût estimatif total (milliers de \$)
660.20	Élaboration des itinéraires et du système	17 154
660.25	Évaluation de la sûreté	4 229
660.40	Installations et équipements principaux	273 962
660.50	Exploitation	393 096
660.55	Gestion environnementale	6 514
660.60	Déclassement	30 752
660.90	Gestion du programme	102 062
660 Sous-total		827 770
Éventualités		95 516
660 Total		923 286



Les coûts estimatifs pour le Second scénario (661) s'établissent comme suit :

SRT	Poste	Coût estimatif total (milliers de \$)
661.20	Élaboration des itinéraires et du système	17 154
661.25	Évaluation de la sûreté	4 229
661.40	Installations et équipements principaux	454 003
661.50	Exploitation	776 261
661.55	Gestion environnementale	9 346
661.60	Déclassement	39 089
661.90	Gestion du programme	195 537
661 Sous-total		1 495 620
Éventualités		173 501
661 Total		1 669 121



Si l'on additionne les coûts propres à chaque site nucléaire et les coûts communs à tous les sites, on obtient la répartition de coûts suivante pour le Scénario de base.

Scénario de base (milliers de dollars de 2010 : 3,6 millions de grappes)					
Site nucléaire	Main-d'œuvre	Matériel et équipements	Autres	Éventualités	Total
Bruce	97 266	55 669	12 462	23 215	188 611
Chalk River	600	747	113	214	1 675
Darlington	59 229	42 795	7 787	15 539	125 350
Douglas Point	1 519	869	195	362	2 945
Gentilly 1	380	680	68	166	1 294
Gentilly 2	14 732	26 335	2 636	6 416	50 119
Pickering	57 114	42 060	7 526	15 109	121 809
Point Lepreau	16 568	26 698	3 441	6 878	53 585
Whiteshell	305	647	78	154	1 184
Coûts communs ¹	205 268	6 689	48 153	21 087	281 197
660 Total	452 980	203 191	82 458	89 140	827 770

¹ Les « coûts communs » sont les coûts résultant de la conception, de la construction et de l'exploitation du STCI qui ne peuvent être directement attribués à un site en particulier.

Les coûts propres aux sites et communs associés au Second scénario s'établissent comme suit :

Second scénario de base (milliers de dollars de 2010 : 7,2 millions de grappes)					
Site nucléaire	Main-d'œuvre	Matériel et équipements	Autres	Éventualités	Total
Bruce	146 410	78 491	18 514	33 783	277 198
Chalk River	600	760	113	215	1 689
Darlington	85 757	55 216	11 052	21 250	173 276
Douglas Point	1 489	798	188	344	2 819
Gentilly 1	310	383	53	108	855
Gentilly 2	24 433	30 186	4 188	8 504	67 311
Nouveau réacteur A	54 189	42 987	7 166	14 709	119 051
Nouveau réacteur B	56 813	44 004	7 489	15 253	123 559
Pickering	79 989	52 982	10 342	20 055	163 368
Point Lepreau	31 296	30 798	6 465	9 951	78 510
Whiteshell	305	648	78	154	1 185
Coûts communs ¹	363 952	11 084	75 765	35 997	486 798
661 Total	845 544	348 338	141 415	160 323	1 495 620

¹ Les « coûts communs » sont les coûts résultant de la conception, de la construction et de l'exploitation du STCI qui ne peuvent être directement attribués à un site en particulier

Le tableau suivant présente le calendrier global de mise en œuvre du projet, où l'« An 1 » constitue la première année du projet (fixée actuellement à 2010). La durée des activités a été établie d'après les données recueillies.

Scénario de base (3,6 millions de grappes)			
N° SRT	Poste	Année de début	Année de fin
660.20	Élaboration des itinéraires et du système	1	25
660.25	Évaluation de la sûreté	1	15
660.40	Installations et équipements principaux	20	55
660.40.10	Véhicules de transport des CTCl	22	55
660.40.20	Château de transport (CTCl)	22	25
660.40.30	Équipement de chargement des CTCl	20	51
660.40.40	Équipement pour la logistique de transport des CTCl au DGP	24	55
660.50	Exploitation	16	55
660.50.10	Gestion de projet	16	25
660.50.20	Chargement des CTCl	24	55
660.50.30	Logistique de transport des CTCl	26	55
660.50.40	Logistique de transport des CTCl au DGP	26	55
660.50.50	Entretien des véhicules de transport des CTCl	25	55
660.55	Gestion environnementale	16	57
660.60	Déclassement	50	57
660.90	Gestion du programme	4	55

Second scénario (7,2 millions de grappes)			
N° SRT	Poste	Année de début	Année de fin
661.20	Élaboration des itinéraires et du système	1	25
661.25	Évaluation de la sûreté	1	85
661.40	Installations et équipements principaux	20	85
661.40.10	Véhicules de transport des CTCl	22	85
661.40.20	Château de transport (CTCl)	22	54
661.40.30	Équipement de chargement des CTCl	20	66
661.40.40	Équipement pour la logistique de transport des CTCl au DGP	24	85
661.50	Exploitation	16	87
661.50.10	Gestion de projet	16	25
661.50.20	Chargement des CTCl	24	85
661.50.30	Logistique de transport des CTCl	26	85
661.50.40	Logistique de transport des CTCl au DGP	26	85
661.50.50	Entretien des véhicules de transport des CTCl	25	85
661.55	Gestion environnementale	16	87
661.60	Déclassement	80	87
661.90	Gestion du programme	4	85

Des diagrammes de Gantt du calendrier d'exécution du programme sont inclus dans le rapport principal.

La comparaison des deux estimations démontre que les coûts liés aux travaux de préparation et de déclassement sont essentiellement similaires dans les deux cas, étant donné que les deux scénarios sont dimensionnés en fonction d'un même débit annuel de livraison (120 000 grappes). Les principales différences entre le Scénario de base et le Second scénario découlent du nombre d'années supplémentaires d'exploitation requises pour le Second scénario, ce qui implique des coûts supplémentaires de main-d'œuvre, d'entretien et de soutien du projet, ainsi que des coûts liés au remplacement ou à la réfection des équipements.

Précision des estimations

Les caractéristiques des estimations du Scénario de base et du Second scénario ont été examinées par rapport aux normes actuelles en matière d'estimation de coûts, y compris les suivantes :

- Association for the Advancement of Cost Engineering International (AACE International). 2003. *Cost Estimate Classification System*. Pratique recommandée n° 17R-97;
- Association for the Advancement of Cost Engineering International (AACE International). 2005. *Cost Estimate Classification System - As Applied in Engineering, Procurement and Construction for the Process Industries*. Pratique recommandée n° 18R-97.

Si les hypothèses de conception importantes telles que l'emplacement hypothétique du DGP et les inventaires de combustible irradié postulés sont valides, l'ingénierie de conception peut être considérée comme une estimation « d'étude ». Les méthodes d'estimations comprenaient des coûts unitaires semi-détaillés et des postes de dépense au niveau de l'assemblage. De plus, le coût des éléments est basé sur les applications existantes disponibles. Si la portée des travaux présumée correspond à la portée réelle du projet (y compris les distances d'expédition et les inventaires de combustible), les estimations liées au Scénario de base et au Second scénario peuvent être considérées comme des estimations de « Classe 4 » selon l'AACE.

Compte tenu de la complexité du projet et de la période préalable à la mise en service relativement longue, la précision anticipée des estimations pour le Scénario de base et le Second scénario serait dans la partie inférieure de la fourchette des normes de Classe 4, possiblement de l'ordre de - 30 % à + 50 %.