

ATELIER n°4 : L'IMPRATICABILITÉ TECHNIQUE COMME OUTIL DE RÉHABILITATION, RÉALITÉ OU UTOPIE ?

Résumé

Le nombre grandissant de sites contaminés publics et privés au Québec, les défis à relever pour leur réhabilitation et leur redéveloppement sont des problèmes importants. Dans la majorité des cas, la réhabilitation passe par l'atteinte de critères génériques. Cependant, certains projets présentent des difficultés techniques pouvant, entre autre, mettre en péril la sécurité d'usagers ou la stabilité d'ouvrages. Pour ces projets, il est parfois nécessaire de laisser en place des contaminants à des concentrations ne présentant aucun risque pour la santé humaine, la faune ou la flore.

Dans tous les cas, les aspects environnementaux, sociaux et économiques doivent être considérés conjointement pour en faire des projets viables et acceptables.

Est-ce possible pour ces projets d'avoir l'approbation des experts du MDDEFP, de la région visée, du MSSS, du GTE dans un délai raisonnable ? Cet atelier couvre la législation en vigueur pour élaborer et proposer une approche par étapes, qui serait incluse dans les avis d'impraticabilité technique et qui respecte les objectifs du MDDEFP.

Étude de cas

Le présent atelier comprend l'étude de la réhabilitation de 3 sites à usages différents : **résidentiel**, **commercial** et **industriel**. À des fins de comparaison, ces sites seront tous considérés comme contaminés par de l'huile à chauffage (mazout) suite à une fuite chronique de réservoirs. La contamination décelée est le résultat de plusieurs années d'utilisation du système de chauffage. Aux fins de l'étude, deux configurations seront envisagées : (a) le réservoir est éloigné de tout bâtiment et la contamination n'atteint pas de fondations, et (b) la contamination s'est répandue sous un bâtiment et la réhabilitation nécessite d'importants travaux de soutènement.

Les activités réalisées dans le cadre de cet atelier comprennent :

1. Étude de la **viabilité économique** de la réhabilitation par excavation/évacuation pour les cas (a) et (b),
2. Recherche d'une solution de réhabilitation optimale au sens du **développement durable**,
3. **Recherche de critères** de sélection de technologie de réhabilitation pour chacune des sphères: économie, environnement et société.

Mise en contexte

Le sol et les résultats des analyses seront considérés comme identiques pour chacun des trois sites : **résidentiel**, **commercial** et **industriel**.

Le terrain concerné par la contamination est constitué d'un mince horizon de terre végétale en surface, surmontant un remblai hétérogène silto-sableux d'une épaisseur moyenne de 1,5 mètre. Le remblai repose sur un sol naturel constitué de silts argileux dont l'épaisseur varie de 4 à 5 m. Le roc calcaire a été rencontré à des profondeurs variables, entre 5,5 et 6,5 mètres sous la surface du terrain.

Lors de caractérisations environnementales, 10 sondages jusque 6 m de profondeur ont été réalisés et 30 échantillons de sols ont été analysés, entre autre, pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ et les composés organiques volatils (COV). Les résultats des analyses ont mis en évidence une **contamination des sols supérieure au critère C**. Ces sols contaminés totalisent un volume estimé à environ **100 m³**, d'une densité moyenne de 1 800 kg/m³.

Des suivis de la qualité de l'eau souterraine réalisés sur 4 puits d'observation sur le site ont démontré que l'eau souterraine n'est pas affectée par les fuites. Aucune phase libre d'hydrocarbures pétroliers n'a été détectée sur le site.

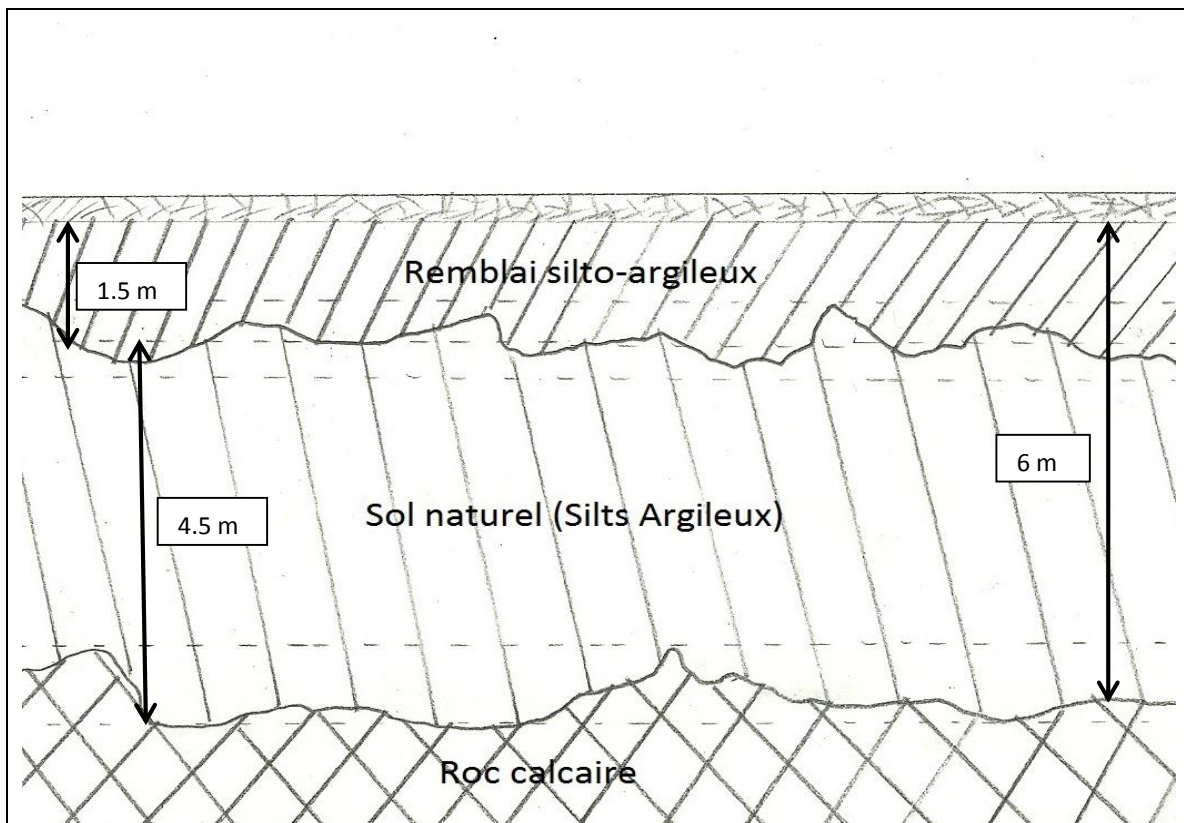


Figure 1 : Coupe de sol

Chacun des trois sites comprend un bâtiment reposant sur des fondations superficielles en béton. Ces bâtiments sont desservis par les réseaux municipaux (i.e. égout, aqueduc) et le système de chauffage est constitué d'une chaudière à mazout. Le réservoir d'huile à chauffage est hors-sol et installé à l'extérieur du bâtiment. Ce réservoir est (a) éloigné du bâtiment (la contamination n'atteint pas les fondations) ou (b) à proximité de celui-ci (la contamination s'étend jusque sous les fondations).

Activités

1. *Étude de la **viabilité économique** de la réhabilitation par excavation/évacuation pour les cas (a) et (b).*

En considérant les ratios valeur terrain/bâtiment fournis dans le Tableau 1:

- complétez l'Annexe 1 en y indiquant les coûts de caractérisation, les valeurs des terrains et bâtiments pour les 3 scénarios, ainsi que les coûts de réhabilitation acceptables,
- identifiez les cas où la réhabilitation est économiquement viable et ceux où les travaux ne sont pas rentables,
- faites l'exercice pour le terrain de votre choix à l'aide du rôle d'évaluation de la Ville de Montréal (<http://evalweb.ville.montreal.qc.ca/Role2014actu/recherche.asp>).

Tableau 1 : Ratios valeur terrain/bâtiment

Utilisation	Ratio de la valeur terrain/bâtiment (%)
Résidentiel unifamilial	30
Usage à vocation commerciale	50
Industriel	10

2. *Recherche d'une solution de réhabilitation optimale au sens du **développement durable***

L'objectif de la présente section est d'étudier les possibilités de réhabilitation pour les cas où l'excavation n'est pas viable économiquement (contamination sous un bâtiment). À cet effet, 4 méthodes de réhabilitation sont comparées : oxydation chimique, bioaugmentation, bioventing et excavation/évacuation. Ces 4 méthodes sont évaluées selon les critères économiques, environnementaux et sociaux présentés en Annexe 2. Une note comprise entre 1 et 3 est attribuée à chacun des critères, **3 correspondant à la meilleure performance**. Une technique dépassant les coûts acceptables de réhabilitation est écartée du processus de sélection.

La sélection de la méthode la plus adaptée à l'ensemble des trois sphères économique, sociale et environnementale se fait par une **analyse multicritères simplifiée** consistant à se fixer des objectifs pour chacun des critères (1 à 3) et à évaluer les écarts à ces objectifs pour chacune des techniques. La solution retenue est celle dont la somme des écarts aux objectifs est minimale.

Les objectifs fixés ne sont pas forcément égaux à 3, mais correspondent aux attentes de l'aménageur. Une note 1 pour le critère « durée de traitement » correspond par exemple à une réhabilitation progressive.

Sachant que les solutions de réhabilitation proposées sont toutes techniquement faisables, complétez les tableaux en Annexe 2 en :

- **évaluant les coûts de réhabilitation** pour chaque technique,
- **définissant vos objectifs pour chacun des critères** (Colonne « Objectifs », 1 à 3),
- **complétant les colonnes de performances** par critère selon votre expérience ou intuition (Colonnes « performances »),
- **calculant les écarts** de chacune des techniques par rapports à vos objectifs (Colonnes « Écarts performances vs objectif »),
- **sommant les écarts aux objectifs et en sélectionnant finalement la technique la plus appropriée** pour la réhabilitation.

Après avoir mis en œuvre la solution de réhabilitation retenue, les concentrations résiduelles dépassent les critères de réhabilitation. Que proposez-vous pour la suite?

3. *Recherche de critères pour chacune des sphères: économie, environnement et société.*

Quels critères additionnels proposeriez-vous pour chaque sphère: économie, environnement et société?

ANNEXE 1: COÛTS DE RÉHABILITATION PAR EXCAVATION/ÉVACUATION

Tableau 1.1: Réhabilitation sans bâtiment

		Quantité	Unités	Prix unitaire	Montant (\$)
Caractérisation	Étude de Phase I	1	Forfait		
	Caractérisation préliminaire (Phase 2)	1	Forfait		
	Caractérisation exhaustive (Phase 3)	1	Forfait		
Sous-total					
Description		Quantité	Unités	Prix unitaire	Montant (\$)
Mobilisation	Frais généraux	1	Forfait	1 200	1 200
	Mobilisation équipement	1	Forfait	1 500	1 500
Sous-total					2 700
Excavation et chargement des sols extérieurs	Excavation des sols sus-jacent à l'extérieur et élimination hors site	38	m3	95	3 610
	Excavation, transport et élimination des sols contaminés >C	172	tm	250	43 000
Sous-total					46 610
Remblayage des excavations	Remblayage et compaction à l'extérieur	248	tm	48	11 904
Sous-total					11 904
Réfection, démobilitation et	Nettoyage du site	1	Forfait	1 500	1 500
	Sous-total				1 500
Équipement préventif: Sécurité et gestion de l'eau	Installation et désinstallation clôture temporaire type Omega	200	pi.l	3	612
	Fourniture, mobilisation et pompage d'eau dans un conteneur étanche	0	Forfait	2 500	0
	Pompage et élimination hors site d'eau contaminée	0	litre	1	0
Sous-total					612
TOTAL TRAVAUX					63 326
GRAND TOTAL					

Tableau 1.2: Réhabilitation sous un bâtiment

		Quantité	Unités	Prix unitaire	Montant (\$)
Caractérisation	Étude de Phase I	1	Forfait		
	Caractérisation préliminaire (Phase 2)	1	Forfait		
	Caractérisation exhaustive (Phase 3)	1	Forfait		
Sous-total					
Description		Quantité	Unités	Prix unitaire	Montant (\$)
Mobilisation	Frais généraux	1	Forfait	1 200	1 200
	Mobilisation équipement	1	Forfait	1 500	1 500
Sous-total					2 700
Soutènement	<i>Soutènement de la fondation</i>	33	ml	1 200	39 600
	<i>Paroi berlinoise sous la fondation du bâtiment</i>	35	m2	500	17 500
	<i>Paroi berlinoise à la limite de propriété</i>	20	m2	700	14 000
	<i>Ouvertures dans la fondation et fermeture avec étanchéisation</i>	2	Unités	4 000	8 000
Sous-total					79 100
Excavation et chargement des sols extérieurs	Excavation des sols sus-jacent à l'extérieur et élimination hors site	10	m3	95	950
	Excavation, transport et élimination des sols contaminés >C	26	tm	250	6 500
Sous-total					7 450
Excavation intérieure	<i>Démolition des finis intérieurs</i>	1	Forfait	3 000	3 000
	<i>Bris et élimination hors-site de la dalle</i>	37	m2	150	5 550
	Excavation et élimination hors-site des sols propres	28	m3	365	10 220
	Excavation, transport et élimination des sols contaminés supérieurs >C	146	tm	290	42 340
Sous-total					61 110
Remblayage des excavations	Remblayage et compaction à l'extérieur	46	tm	48	2 208
	<i>Reconstruction du drain français extérieur</i>	7	ml	90	630
	<i>Béton auto-plaçant sous les semelles</i>	18	ml	220	3 960
	Remblayage et compaction à l'intérieur	202	tm	80	16 160
Sous-total					22 958
Réfection, démobilitation et nettoyage du site	<i>Reconstruction de la dalle 100 mm</i>	37	m2	250	9 250
	Nettoyage du site	1	Forfait	1 500	1 500
Sous-total					10 750
Équipement préventif: Sécurité et gestion de l'eau	Installation et désinstallation clôture temporaire type Omega	200	pi.l	3	612
	Fourniture, mobilisation et pompage d'eau dans un conteneur étanche	0	Forfait	2 500	0
	Pompage et élimination hors site d'eau contaminée	0	litre	1	0
Sous-total					612
TOTAL TRAVAUX					184 680
GRAND TOTAL					

Italique : Surcoût liés aux travaux sous bâtiment

Tableau 1.3: Viabilité économique

	Résidentiel	Commercial	Industriel
Valeur totale de la propriété (\$)	455 000	750 000	770 000
Valeur terrain (\$)			
Valeur bâtiment (\$)			
Coût Total Admissible (CTA) pour la réhabilitation (\$)			
(a) Coûts sans bâtiment acceptable? (oui/non)			
(b) Coûts avec bâtiment acceptable? (oui/non)			

ANNEXE 2: ÉVALUATION DES SOLUTIONS DE RÉHABILITATION (Scénario avec bâtiment)

Tableau 2.1: Performances économiques des techniques

Coûts de réhabilitation	Oxydation chimique in situ	Bioaugmentation	Bioventing	Excavation-évacuation
Phase 1				
Phase 2 - Caractérisation préliminaire				
Phase 3 - Caractérisation exhaustive				
Essai de traçabilité				-
Décontamination				184 680
Coût Total de Réhabilitation CTR (\$)				

Techniques	Unité	Coût unitaire (\$CAD)
Oxydation chimique in situ	\$/T	80
Bioaugmentation	\$/T	60
Bioventing	\$/T	50
Excavation/évacuation		cf. Annexe 1

Coût Total Admissible CTA (\$)	Résidentiel				
	Commercial				
	Industriel				
Ratio (CTR/CTA)	Résidentiel				
	Commercial				
	Industriel				
Note (CTR/CTA)	Résidentiel				
	Commercial				
	Industriel				

Critères de notation CTR/CRA

CTR/CTA < 50% : note 3
 50 % < CTR/CTA < 75 % : note 2
 75 % < CTR/CTA < 100 % : note 1
 CTR/CTA > 100 % : "non viable"

Tableau 2.2: Évaluation multicritères

	Critères	Objectifs (1 à 3)	Performances				Écarts performances vs objectifs				
			Oxydation chimique	Bioaugmentation	Bioventing	Excavation/évacuation	Oxydation chimique	Bioaugmentation	Bioventing	Excavation/évacuation	
Social	Réticence de la population avoisinante										
	Nuisances (bruit, poussières et visuel)										
	Santé des travailleurs										
Environnementa	Durée de traitement										
	Etat de développement										
	Robustesse										
Économique	Investissement initial										
	Opération et maintenance										
	Note CTR/CTA - Résidentiel										
	Note CTR/CTA - Commercial										
	Note CTR/CTA - Industriel										
			Somme des écarts - Résidentiel								
			Somme des écarts - Commercial								
			Somme des écarts - Industriel								