

LIEUX D'ENFOUISSEMENT DE SOLS CONTAMINÉS

GUIDE DE CONCEPTION, D'IMPLANTATION, DE CONTRÔLE ET DE SURVEILLANCE



Mars 2012

*Développement durable,
Environnement
et Parcs*

Québec 

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Auteur :	Luc Bonneau , ing. Direction des matières résiduelles et des lieux contaminés
Relecture :	Bernard Gaboury, ing. Direction des matières résiduelles et des lieux contaminés
Traitement de texte :	Sylvie Vézina Gaétane Michaud Direction des matières résiduelles et des lieux contaminés

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP), 2012. Lieux d'enfouissement de sols contaminés : *Guide de conception, d'implantation, de contrôle et de surveillance*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN 978-2-550-64319-7, 83 p.

ISBN 978-2-550-64319-7 (PDF)
© Gouvernement du Québec, 2012

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	VIII
1. SÉLECTION D'UN TERRAIN.....	1
1.1 Éléments à considérer.....	1
1.2 Restrictions liées au RESC	1
2. INVESTIGATION EXHAUSTIVE DU TERRAIN	2
2.1 Objectifs de l'investigation	2
2.2 Contexte géologique.....	2
2.3 Contexte géotechnique.....	2
2.4 Contexte hydrologique.....	2
2.5 Contexte hydrogéologique.....	3
2.6 Conditions climatiques.....	4
2.7 Qualité de l'air ambiant.....	4
2.8 Méthodes d'investigation (sols et eau souterraine)	4
2.8.1 Options et limitations	4
2.8.2 Conductivité hydraulique et homogénéité du dépôt argileux.....	5
2.9 Méthodes d'échantillonnage et analyse (eau/air ambiant)	5
3. CONCEPTION ET IMPLANTATION D'UN LESC.....	6
3.1 Limites géométriques d'une cellule	6
3.2 Aménagement du fond et des parois d'une cellule.....	7
3.2.1 Exigences du RESC.....	7
3.2.2 Préservation de l'effet composite sur les parois.....	7
3.2.3 Aménagement en périphérie d'une cellule	8
3.2.4 Préparation finale du fond et des parois.....	10
3.2.5 Infiltration des eaux souterraines en fond de cellule	11
3.2.6 Équivalences des membranes synthétiques d'étanchéité.....	11
3.2.7 Systèmes de collecte des lixiviats (SCL).....	12
3.2.7.1 Exigences du RESC	12
3.2.7.2 Configuration des SCL.....	12
3.2.7.3 Filtre synthétique.....	13
3.2.7.4 Capacité de drainage	13
3.3 Recouvrement d'une cellule	14
3.3.1 Exigences du RESC.....	14
3.3.2 Couche imperméable	14
3.3.2.1 Options du RESC.....	14
3.3.2.2 Membranes synthétiques d'étanchéité	14
3.3.2.2.1 Équivalences.....	14
3.3.2.2.2 Cas particulier des géocomposites bentonitiques.....	15

3.3.3	<i>Couche de drainage</i>	15
3.3.4	<i>Couche de protection</i>	17
3.3.5	<i>Couche de terre apte à la végétation</i>	17
3.3.6	<i>Utilisation de sols contaminés dans le recouvrement</i>	17
3.4	Intégrité des composantes d'une cellule	17
3.4.1	<i>Intégrité du fond et des parois</i>	17
3.4.1.1	Tassement	17
3.4.1.2	Soulèvement	18
3.4.1.3	Stabilité	18
3.4.1.3.1	Parois du dépôt argileux et ouvrage périphérique	18
3.4.1.3.2	Système d'imperméabilisation et SCL	18
3.4.1.3.3	Volume de sols enfouis.....	20
3.4.1.4	Poinçonnement des géomembranes	20
3.4.1.5	Intégrité structurale des drains	21
3.4.2	<i>Intégrité du recouvrement</i>	21
3.4.2.1	Stabilité.....	21
3.4.2.2	Tassement	21
3.4.2.3	Poinçonnement des géomembranes.....	22
3.5	Ancrages	22
3.6	Aménagements complémentaires	22
3.6.1	<i>Zone tampon</i>	22
3.6.2	<i>Réseau de drainage des eaux de surface</i>	24
3.6.3	<i>Réseau de puits d'observation des eaux souterraines</i>	24
3.6.4	<i>Système de captage des gaz</i>	26
3.6.5	<i>Réseau de points de repères topographiques (recouvrement)</i>	26
3.6.6	<i>Installations de gestion des lixiviats</i>	26
3.6.6.1	Système de captage des lixiviats	26
3.6.6.2	Réservoir et unité de traitement des lixiviats	27
3.6.7	<i>Autres installations</i>	28
3.6.8	<i>Métaux et métalloïdes enlevés, stabilisés, fixés et solidifiés</i>	29
4.	CONTRÔLE ET ASSURANCE QUALITÉ (CQ/AQ) DES MATÉRIAUX	30
4.1	Général.....	30
4.2	Contrôle de la qualité.....	30
4.2.1	<i>Matériaux granulaires drainants</i>	30
4.2.2	<i>Matériaux argileux</i>	31
4.2.2.1	Général	31
4.2.2.2	Contrôle des composantes et lors de la mise en place	31
4.2.2.3	Contrôle après la mise en place	32
4.2.2.4	Mesures correctrices et de protection	33
4.2.3	<i>Géosynthétiques</i>	34

4.2.3.1	Général	34
4.2.3.2	Acceptation	34
4.2.3.3	Installation	35
4.2.3.4	Cas particuliers des géomembranes	35
4.2.3.4.1	Soudures.....	35
4.2.3.4.2	Défectuosités	36
4.3	Assurance de la qualité	37
4.3.1	<i>Général</i>	37
4.3.2	<i>Cas particuliers des soudures des géomembranes</i>	37
5.	CONTRÔLE ET SURVEILLANCE D'UN LESC	38
5.1	Période d'exploitation	38
5.1.1	<i>Sols contaminés</i>	38
5.1.1.1	Général	38
5.1.1.2	Admissibilité des sols	38
5.1.1.3	Réception des sols	38
5.1.1.4	Tamisage des sols	39
5.1.1.5	Registre d'exploitation	40
5.1.2	<i>Eaux et lixiviats</i>	41
5.1.2.1	Général	41
5.1.2.2	Lixiviats des SCL	42
5.1.2.3	Eaux de surface et de rejet	43
5.1.2.4	Eaux souterraines	43
5.1.3	<i>Gaz et air ambiant</i>	45
5.1.4	<i>Recouvrement</i>	46
5.1.5	<i>Vérification et entretien des installations</i>	46
5.1.5.1	Programme d'inspection et d'entretien	46
5.1.5.2	Efficacité du système de traitement des lixiviats	47
5.1.5.3	Efficacité et étanchéité du SCP	47
5.1.5.4	Systèmes complémentaires de vérification de l'étanchéité	48
5.2	Période postfermeture	48
6.	INFORMATIONS À FOURNIR AU MDDEP	50
6.1	Général.....	50
6.2	Sélection et investigation du terrain.....	50
6.3	Conception	50
6.4	Plans et devis de construction.....	50
6.5	Programme de contrôle et d'assurance qualité (CQ/AQ) des matériaux.....	50
6.6	Programme de contrôle et de suivi du LESC	50
6.7	Engagement au niveau des bruits	51
6.8	Rapport et plans tels que construits	51
7.	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Propriétés des sols pulvérulents et cohérents.....	3
Tableau 2 : Contrôle des matériaux drainants.....	30
Tableau 3 : Contrôle des composantes et lors de la mise en place des matériaux argileux.....	33
Tableau 4 : Contrôle des matériaux argileux après la mise en place (barrière horizontale)	34
Tableau 5 : Propriétés des géosynthétiques visées par des essais d'acceptation.....	36
Tableau 6 : Fréquence d'échantillonnage des sols contaminés à la réception	39
Tableau 7 : Échantillonnage des sols tamisés présentant une contamination inorganique	40
Tableau 8 : Mesures de suivi de la qualité des eaux et des lixiviats	42
Tableau 9 : Fréquences d'inspection et d'entretien des installations	47

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Géométrie type d'une cellule telle qu'elle est prescrite par le RESC	6
Figure 2 : Aménagement du fond et des parois tel qu'il est prescrit par le RESC.....	7
Figure 3 : Section de paroi à recouvrir d'un GCB.....	8
Figure 4 : Configuration type d'un ouvrage périphérique	9
Figure 5 : Concepts d'aménagements envisageables pour un ouvrage périphérique	10
Figure 6 : Aménagement des parois en absence d'ouvrage périphérique	10
Figure 7 : Exigence minimale d'aménagement des systèmes de collecte des lixiviats.....	13
Figure 8 : Séquences types du recouvrement d'une cellule.....	16
Figure 9 : Comportements à risque pour l'intégrité d'une cellule	19
Figure 10 : Ancrage des géosynthétiques.....	23
Figure 11 : Réseau de drainage des eaux de surface	25
Figure 12 : Réseau de puits d'observation des eaux souterraines.....	25
Figure 13 : Fond et parois des bassins (unité de traitement des lixiviats).....	28
Figure 14 : Procédure applicable pour le suivi de la qualité des eaux souterraines.....	44

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 Procédure d'évaluation et de gestion des fractions grossières	57
Annexe 2 Procédure de sondage au piézocône lors de l'aménagement d'un LESC	55

LISTE DES ABRÉVIATIONS

BCR	Béton de ciment compacté au rouleau
BPC	Biphényles polychlorés
CL ₂₅	Concentration létale pour 25 % des organismes
CL ₅₀	Concentration létale pour 50 % des organismes
COV	Composés organiques volatils
ε	Arche d'élongation selon la norme ASTM D5514
EPA	Environmental Protection Agency
GCB	Géocomposite bentonitique
ha	Hectares
Jrs	Jours
K	Conductivité hydraulique
L	Litres
LDM	Limite de détection de la méthode
LESC	Lieu d'enfouissement de sols contaminés
LOC	Ligne optimale de compactage
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
LQM	Limite de quantification de la méthode
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MENV	Ministère de l'Environnement du Québec
OER	Objectifs environnementaux de rejet
PEHD	Polyéthylène haute densité
PPSRTC	Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés
RESC	Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés
REEIE	Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement
RMD	Règlement sur les matières dangereuses
RPRT	Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains contaminés
SCL	Systèmes de collecte de lixiviat
SCP	Système de collecte primaire de lixiviat
SDF	Système de détection des fuites de lixiviat
SIH	Système d'information hydrogéologique du MDDEP
UT	Unité toxique

INTRODUCTION

Le 11 juillet 2001, le gouvernement du Québec mettait en vigueur le Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés (RESC). Le 9 janvier 2002, il y apportait des modifications par la mise en vigueur du Règlement modifiant le Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés.

Le 28 septembre 2000, des modifications ont également été apportées au Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (REEIE) afin d'assujettir à la procédure du REEIE l'aménagement de certains lieux d'enfouissement de sols contaminés (LESC). Ces lieux sont plus précisément ceux où sont enfouis des sols contaminés au-delà de l'annexe C¹ du REEIE, sauf dans le cas où il s'agit d'un lieu aménagé sur un terrain servant exclusivement à l'enfouissement de sols contaminés extraits de ce dernier lors de travaux de réhabilitation autorisés en vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement.

Le RESC établit les conditions ou les prohibitions qui sont applicables lors de l'aménagement, de l'agrandissement et de l'exploitation des LESC. Il établit également les conditions qui sont applicables lors de la fermeture et du suivi postfermeture de ces lieux.

Le présent guide a été réalisé par le Service des lieux contaminés et des matières dangereuses afin de compléter et de préciser les exigences reliées à la conception, à l'implantation, au contrôle et à la surveillance (suivi) des LESC. Il remplace le document intitulé *Guide d'implantation et de gestion des lieux d'enfouissement sécuritaire* (MENV, 1995).

Il s'agit d'un document complémentaire au RESC, dédié principalement aux intervenants directement impliqués dans un projet d'établissement d'un LESC.

Il constitue un recueil des principaux aspects techniques à considérer et des principales exigences du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) à respecter lors de la conception, de l'implantation, du contrôle et du suivi d'un LESC.

Tous les aspects traités dans ce guide ont été abordés en considérant que l'enfouissement est une solution de gestion des sols contaminés qui nécessite une protection à très long terme du milieu environnant. Lors de l'établissement d'un LESC, chacune des étapes du projet devra être abordée dans cette optique par chacun des intervenants concernés. Par conséquent, les techniques, les pratiques et les matériaux qui seront utilisés pour un tel projet devront toujours être les plus performants disponibles sur le marché.

Les aspects techniques reliés à l'enfouissement étant toujours en constante évolution, ce guide devra être considéré comme un outil évolutif, dont le contenu nécessitera d'être constamment validé auprès du MDDEP. Dans ce but, une version électronique à jour du guide contenant les dernières modifications qui y ont été apportées sera en tout temps disponible sur le site Internet du MDDEP.

1. Critère C de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* et valeurs limites de l'annexe II du Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains.

1. SÉLECTION D'UN TERRAIN

1.1 Éléments à considérer

Afin de déterminer si un terrain est apte à l'implantation d'un lieu d'enfouissement de sols contaminés (LESC), plusieurs aspects de nature sociale, économique, technique, environnementale ainsi que légale devront être considérés.

Parmi ces aspects, on notera entre autres les exigences relatives aux schémas d'aménagement des municipalités régionales de comté, à la réglementation municipale et au Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés (RESC).

Dans ce but, certaines caractéristiques du terrain ainsi que du milieu qui l'entoure devront être acquises au moyen de différents travaux d'investigation (sur le terrain et dans les banques d'informations) pouvant être de nature préliminaire ou exhaustive (section 2).

1.2 Restrictions liées au RESC

Lorsqu'un terrain aura été reconnu comme propice à l'implantation d'un LESC (ex. : espace suffisant, zonage adéquat), une étape décisive consistera à s'assurer du respect des exigences de localisation et d'étanchéité des dépôts meubles prescrites par le RESC.

Cette vérification visera principalement :

- I. La localisation du terrain par rapport aux utilités publiques des articles 5 et 8 du RESC (prise d'eau de surface et ouvrage de captage d'eau souterraine);
- II. La localisation du terrain par rapport aux zones de restrictions des articles 6 et 7 du RESC (zones à risques de mouvement de terrain et zone d'inondation d'un cours ou d'un plan d'eau);
- III. La conductivité hydraulique, l'homogénéité et l'épaisseur des dépôts meubles (dépôt argileux) de l'article 11 du RESC;
- IV. L'absence d'une nappe libre ayant un potentiel aquifère élevé (art. 8 RESC);
- V. L'absence de cours ou d'un plan d'eau à l'intérieur de la zone tampon (art. 10 RESC).

Concernant le potentiel aquifère de la nappe libre, il consistera à démontrer, à l'aide des conditions rencontrées, l'impossibilité de soutirer en permanence 25 m³ d'eau par heure (art. 8 RESC). Dans certains cas (ex. : horizon de bonne perméabilité), des essais de pompage pourront être requis.

Pour les utilités publiques, une consultation auprès des organismes municipaux concernés ainsi que du système d'information hydrogéologique (SIH) du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) est requise. De même, il est nécessaire de consulter les organismes municipaux afin de vérifier l'existence de cartes délimitant les zones à risques de mouvement de terrain et d'inondation.

Étant donné l'importance liée à ces derniers aspects, une attention particulière devra leur être accordée dans le rapport de sélection et d'investigation du terrain (section 6.2). Dans ce but, tous les ouvrages de captage d'eau souterraine (indépendamment de leur usage) retrouvés dans un rayon de 1 km des limites du terrain devront être localisés sur une carte à l'intérieur de ce rapport et leur rayon d'influence devra être estimé. Il en va de même de toutes les prises d'eau de surface et de l'usage des terrains (résidentiel, commercial, agricole, etc.) qui se trouvent dans le même rayon.

2. INVESTIGATION EXHAUSTIVE DU TERRAIN

2.1 Objectifs de l'investigation

Lorsqu'un terrain aura été reconnu apte à l'implantation d'un LESC, des travaux d'investigation exhaustifs devront être réalisés.

Ces travaux devront permettre de définir les contextes hydrologiques, géologiques, géotechniques et hydrogéologiques, de même que les conditions climatiques ainsi que la qualité de l'air ambiant qui sont présentes, selon le cas, au niveau régional de même qu'à proximité (rayon de 1 km) du terrain et à l'intérieur des limites de ce dernier.

Ils pourront également permettre de réaliser ou de compléter (le cas échéant) certains des travaux nécessaires à la sélection d'un terrain (section 1).

Les informations acquises lors de ces travaux (sur le terrain et dans les banques d'informations) s'avéreront d'autre part essentielles lors de la conception et de l'implantation des zones d'enfouissement (cellules) ou d'autres installations du futur LESC, ainsi que pour la mise en place des mesures de contrôle et de surveillance (suivi).

Préalablement au début des travaux à réaliser sur le terrain, il est recommandé de soumettre un programme d'investigation au MDDEP à des fins d'approbation.

2.2 Contexte géologique

L'investigation du contexte géologique devra permettre principalement de classer les unités (roc et dépôts meubles) présentes dans la région, de même qu'à proximité du terrain et d'établir la stratigraphie en continu dans les limites de ce dernier (sondages au piézocône ou échantillonnage en continu).

À l'intérieur des limites du terrain, une attention particulière devra être apportée à la présence d'hétérogénéités de plus grandes perméabilités (fracture, oxydation, litage, etc.) dans le dépôt argileux. Le cas échéant, leur étendue devra être déterminée avec précision.

2.3 Contexte géotechnique

Les travaux visant le contexte géotechnique devront permettre de définir les caractéristiques géotechniques des dépôts meubles à proximité du terrain et plus précisément à l'intérieur des limites de ce dernier.

Ces informations seront particulièrement utiles lors de la conception des cellules (stabilité, tassement, soulèvement, etc.) et d'autres installations du LESC. Le tableau 1 résume, à titre indicatif, quelques propriétés des sols cohérents (ex. : dépôt argileux) et pulvérulents.

2.4 Contexte hydrologique

Une fois défini, le contexte hydrologique devra permettre d'identifier (caractéristiques, sens d'écoulement, point de confluence, etc.) les principaux aménagements de drainage, affluents et exutoires présents dans la région, à proximité du terrain et à l'intérieur des limites de ce dernier. Pour certains de ceux-ci, il s'avérera nécessaire d'en établir la qualité chimique lors des travaux d'investigation.

Les informations recueillies lors de ces travaux seront particulièrement utiles lors de la conception du système de captage des eaux de surface et pour l'établissement des objectifs environnementaux de rejets (eaux de rejets et de surface).

Tableau 1 : Propriétés des sols pulvérulents et cohérents

PROPRIÉTÉS	
Sols cohérents	Sols pulvérulents
Masse volumique en place	Masse volumique en place
Teneur en eau	Teneur en eau
Porosité effective	Porosité effective
Limites liquide et plastique	Angle de frottement interne
Indices de liquidité et de plasticité	
Résistance au cisaillement	
Pression de préconsolidation	
Sensibilité	
Cohésion	

2.5 Contexte hydrogéologique

Les travaux d'investigation touchant le contexte hydrogéologique auront pour but de définir les conditions dans la région, de même qu'à proximité du terrain et plus précisément celles qui sont présentes à l'intérieur des limites de ce dernier.

À cette fin, toutes les nappes présentes, qu'elles soient libres ou captives devraient être considérées. Les travaux d'investigation du contexte hydrogéologique à l'intérieur des limites du terrain viseront plus précisément :

- I. À déterminer la conductivité hydraulique de chacune des unités géologiques;
- II. À déterminer les gradients hydrauliques horizontaux des eaux souterraines et leur régime d'écoulement (vitesse et sens) dans chacune des unités géologiques, ainsi que le gradient vertical dans le dépôt argileux;
- III. À déterminer le niveau piézométrique stable des eaux souterraines et des variations saisonnières;
- IV. À identifier les différentes aires de recharge, de résurgence et de discontinuité des eaux souterraines;
- V. À contrôler la qualité chimique des eaux souterraines (en fonction de l'annexe II du RESC, tel que requis à l'article 25).

Les informations recueillies seront extrêmement importantes lors des phases de conception et de construction des cellules (soulèvement, installation des géomembranes, etc.) et lors de l'élaboration du programme de suivi des eaux souterraines.

Enfin, elles pourront être éventuellement utiles afin d'évaluer la durée de vie du LESC et les mesures à mettre en place advenant l'apparition de problèmes de contamination des eaux souterraines.

2.6 Conditions climatiques

Le recueil de données régionales provenant d'organismes reconnus ou à l'aide d'appareils installés sur le terrain devra permettre d'établir clairement les conditions climatiques qui y sont présentes.

Ces données seront utiles afin de déterminer, entre autres, l'épaisseur de la couche de protection du recouvrement (gel/dégel), la quantité de lixiviat pouvant être générée en fond de cellule et pour établir un programme de suivi de la qualité de l'air ambiant.

2.7 Qualité de l'air ambiant

L'échantillonnage et l'analyse de l'air ambiant aux limites du terrain seront nécessaires afin d'en établir la qualité avant l'aménagement (état zéro). En présence d'activités sur le terrain au moment de cet échantillonnage, des mesures devront être prises près de ces dernières afin de déterminer les répercussions qu'elles ont sur la qualité de l'air ambiant.

2.8 Méthodes d'investigation (sols et eau souterraine)

2.8.1 Options et limitations

Afin de prévenir la création de chemins d'écoulement préférentiel, les investigations effectuées à l'aide de méthodes destructives dans le dépôt argileux devront préférablement être réalisées à l'extérieur des zones (cellules) d'enfouissement ou atteindre une profondeur inférieure au niveau final du fond et des parois des cellules après excavation.

À cette fin, il est fortement recommandé de procéder à une conception préliminaire de la configuration des cellules à implanter dans le LESC, avant la réalisation des travaux d'investigation du terrain.

Dans certains contextes, notamment s'il y a présence d'indices indiquant des variations importantes dans le niveau d'élévation du socle rocheux, d'épaisseurs d'argile en fond de cellule à la limite des exigences du RESC ou dans le cas de très grandes cellules, une caractérisation de la topographie du roc pourra devoir être effectuée à l'aide d'une méthode géophysique non destructive.

Dans le cas où les investigations destructives hors cellule et les méthodes géophysiques sont insuffisantes, si elles s'avèrent absolument requises, exceptionnellement, les méthodes d'investigation destructive dans le dépôt argileux pourront être utilisées à l'intérieur des zones d'enfouissement. En présence d'une épaisseur d'argile en fond de cellule supérieure aux exigences du RESC, autant que possible, leur profondeur ne devra pas atteindre les 3 derniers mètres.

Indépendamment de leur localisation, toutes les investigations effectuées à l'aide d'une méthode destructive dans le dépôt argileux devront être obturées. Les travaux d'obturation devront être effectués conformément à la norme ASTM D-5299-99 (2005) et selon les règles de l'art établies dans le cas du piézocône (ex. : Lutenegeer et DeGroot, 1995; Lunne, Robertson et Powell, 1997).

À titre indicatif, les matériaux utilisés à cette fin, principalement des coulis de bentonite ou ciment-bentonite, présenteront respectivement un pourcentage en bentonite (solide) typiquement égal ou supérieur à 20 % et variant entre 3,5 % et 6,5 %. Pour sa part, le rapport ciment/eau sera d'environ 2 kg/L.

Dans le cas d'un sondage au piézocône, le coulis de bentonite présentera toutefois un contenu typiquement inférieur en bentonite (entre 5 % et 15 %). De même le ratio ciment/eau sera vraisemblablement plus faible dans le cas d'un coulis ciment-bentonite (entre 1,1 et 1,6 kg/L).

2.8.2 Conductivité hydraulique et homogénéité du dépôt argileux

Afin d'évaluer la conductivité hydraulique (K) du dépôt argileux, de même que son homogénéité, le recours à des essais de perméabilité *in situ* et en laboratoire (cellule triaxiale) sera requis.

Des essais devront être réalisés de façon ponctuelle dans les parties inférieures et supérieures du dépôt argileux, mais en continu sur des longueurs respectives de 1 m et 4 m au-dessus et sous le niveau d'élévation prévu du fond d'une cellule.

Advenant un écart entre les valeurs de K *in situ* et celles en laboratoire égal ou supérieur à un facteur de 5, même si K *in situ* est inférieur ou égal à 1×10^{-6} cm/s, une campagne d'investigation à l'aide de sondages au piézocône ou d'un échantillonnage en continu sera requise afin de déceler la présence d'hétérogénéités de plus grandes perméabilités. Le cas échéant, leur étendue devra être définie avec précision.

Les sondages au piézocône ou échantillonnages en continu effectués lors de l'établissement du contexte géologique du terrain (section 2.2) pourront être utilisés à cette fin.

Tous les sondages au piézocône devront être effectués en conformité avec la Procédure de sondage au piézocône lors de l'aménagement d'un LESC (annexe 2).

2.9 Méthodes d'échantillonnage et analyse (eau/air ambiant)

Les procédures d'échantillonnage des eaux de surface et souterraines doivent respectivement être effectuées en conformité avec l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* (MDDEP, 2008-2011), cahier 2, *Échantillonnage des rejets liquides* et cahier 3, *Échantillonnage des eaux souterraines*.

Rappelons que, contrairement aux eaux souterraines, pour l'analyse des métaux et des métalloïdes (uniquement), les échantillons d'eau de surface ne doivent pas être filtrés. Pour l'eau souterraine, l'ajout des agents de préservation s'effectue après la filtration, cette dernière étant réalisée idéalement sur les lieux de l'échantillonnage.

L'échantillonnage de l'air ambiant devra être fait lors des conditions les plus propices à la migration des gaz soit, sous le vent, lors de vents calmes (< 5 km/h), de température chaude (> 18 °C) et en présence d'un taux d'humidité faible (< 75 %).

L'échantillonnage devra de plus être effectué en conformité avec le document *Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air-second edition* (USEPA, 1999).

Dans un LESC à caractère commercial, les échantillons devront être recueillis selon les méthodes TO-14A ou TO-17 de ce document et être analysés en fonction du spectre complet de substances de ces méthodes.

Dans le contexte d'un LESC satisfaisant les exigences de l'article 2 du RESC, les substances à analyser pourront provenir d'une méthode ayant un spectre plus limité et choisi en fonction de celles qui sont susceptibles d'être présentes dans les sols contaminés.

3. CONCEPTION ET IMPLANTATION D'UN LESC

3.1 Limites géométriques d'une cellule

Ce sont les articles 9 et 11 du RESC qui fixent les limites géométriques que doit respecter une cellule d'enfouissement de sols contaminés.

Tout d'abord, l'article 9 exige que le pourtour d'un LESC soit maintenu au niveau du sol environnant et fixe la pente maximale acceptable de son recouvrement (30 %). Dans le cadre du RESC, par sol environnant, on sous-entendra la limite supérieure des dépôts meubles respectant les exigences de l'article 11 du RESC (dépôt argileux).

L'article 9 contraint de plus la géométrie d'une cellule au respect d'une notion d'intégration au paysage. Dans le cadre du RESC, pour considérer que cette notion a été respectée, il sera nécessaire que :

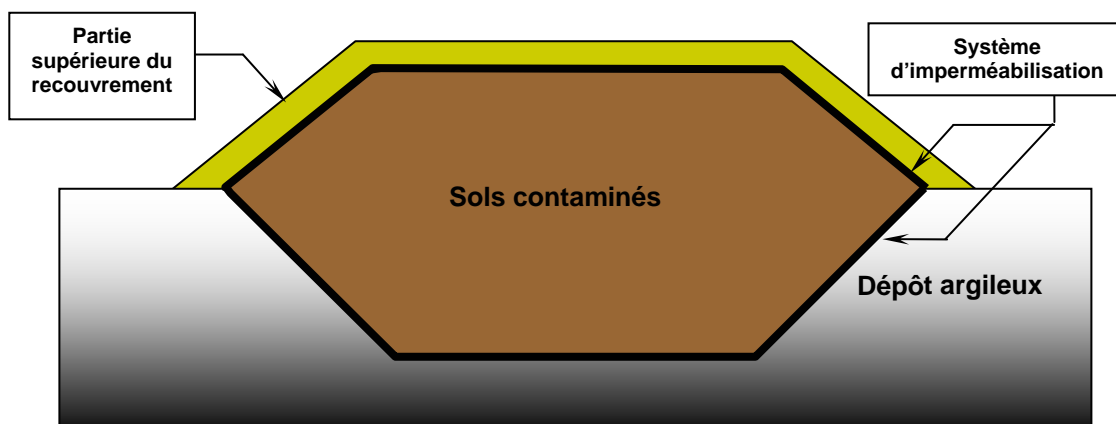
- 1- Durant l'exploitation, les opérations ne soient pas visibles;
- 2- Le recouvrement final ne soit pas visible à partir des points visuels fixes les plus significatifs, considérant que des mesures d'atténuation visuelle sont réalisables.

Dans le premier cas, la présence d'arbres d'une hauteur raisonnable entourant les limites du LESC sera suffisante pour assurer le respect de la notion d'intégration au paysage.

Pour le second, une simulation visuelle sera nécessaire et la réalisation d'un écran visuel constitué de sols contaminés sera envisageable. Le cas échéant, la concentration des substances ou paramètres présents dans les sols devra être égale ou inférieure à celle des critères B de la grille des critères génériques pour les sols de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des sols contaminés* (PPSRTC), de même qu'aux valeurs limites de l'annexe I du Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains (RPRT).

La figure 1 présente la géométrie type d'une cellule assujettie au RESC. Notons toutefois que cette géométrie pourra varier dépendamment des conditions présentes sur le terrain (voir section 3.2.3).

Figure 1 : Géométrie type d'une cellule telle qu'elle est prescrite par le RESC



3.2 Aménagement du fond et des parois d'une cellule

3.2.1 Exigences du RESC

En vertu de l'article 11 du RESC, l'aménagement d'une cellule d'un LESC ne peut être effectué que sur un terrain où les dépôts meubles sur lesquels seront déposés les sols contaminés se composent, sur son fond et ses parois, d'une couche naturelle homogène ayant en permanence une conductivité hydraulique égale ou inférieure à 1×10^{-6} cm/s (dépôt argileux) sur une épaisseur d'au moins 3 m.

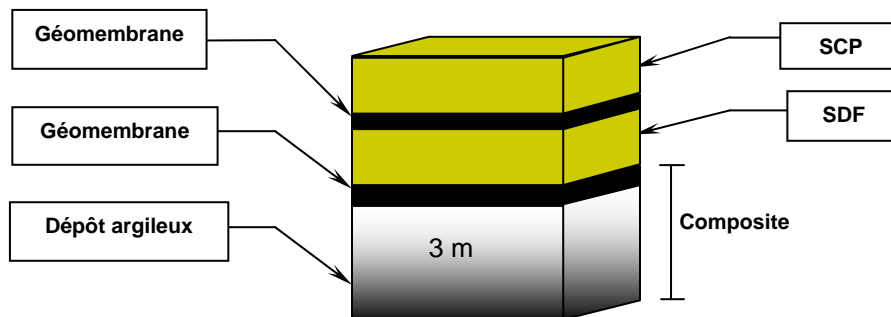
Compte tenu de l'exigence liée à la présence d'une couche naturelle, l'utilisation de matériaux alternatifs ou le remaniement du dépôt argileux ne sont pas permis dans un LESC, sauf dans certains contextes particuliers (voir les sections 3.2.3 et 3.2.4).

Afin d'en optimiser l'étanchéité, les articles 11 et 12 requièrent la mise en place d'un système d'imperméabilisation à double niveau de protection sur le fond et les parois d'une cellule, composé de la façon suivante en partant du dépôt argileux :

- un niveau inférieur de protection formé d'une membrane synthétique d'étanchéité de type polyéthylène haute densité (PEHD), d'une épaisseur d'au moins 1,5 mm;
- un système de détection de fuite des lixiviats (SDF);
- un niveau supérieur de protection formé d'une membrane synthétique d'étanchéité (géomembrane) de type PEHD, d'une épaisseur d'au moins 1,5 mm;
- un système de collecte primaire des lixiviats (SCP).

Quant à la géomembrane du niveau inférieur de protection, exception faite de certains contextes (voir les sections 3.2.2, 3.2.5 et 3.4.1.4) conformément à l'article 11 du RESC, elle doit être installée directement sur le dépôt argileux, afin d'obtenir les avantages liés à la présence d'un niveau de protection de type composite (Giroud et Bonaparte, 1989). La figure 2 schématise, à titre indicatif, les exigences requises en vertu des articles 11 et 12 du RESC.

Figure 2 : Aménagement du fond et des parois tel qu'il est prescrit par le RESC



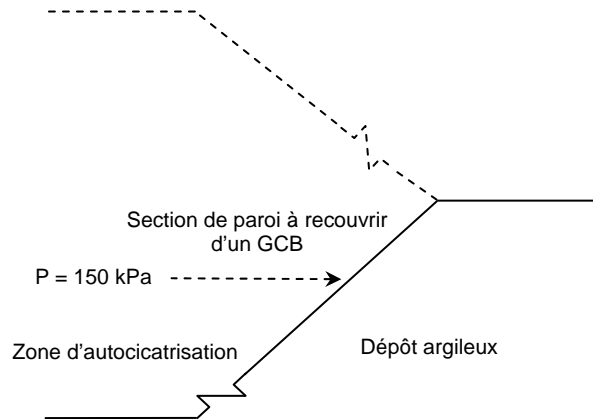
3.2.2 Préservation de l'effet composite sur les parois

Afin de préserver les avantages liés à la présence d'un niveau de protection composite malgré les effets du gel et du dégel agissant durant l'exploitation (fissuration en surface du dépôt argileux), un géocomposite bentonitique (GCB) devra être installé sur les parois d'une cellule.

L'ampleur de la section à recouvrir sera établie en fonction de la pression verticale exercée sur les parois par les sols enfouis et le recouvrement, afin que tout point des parois soumis à une pression inférieure à 150 kPa (Eigenbrod, 2003) soit recouvert d'un GCB (figure 3).

Cet ajout ne sera toutefois pas requis s'il est démontré que les propriétés du dépôt argileux sont telles qu'il ne sera pas affecté par les effets du gel et du dégel agissant durant l'exploitation (Eigenbrod, 2003).

Figure 3 : Section de paroi à recouvrir d'un GCB



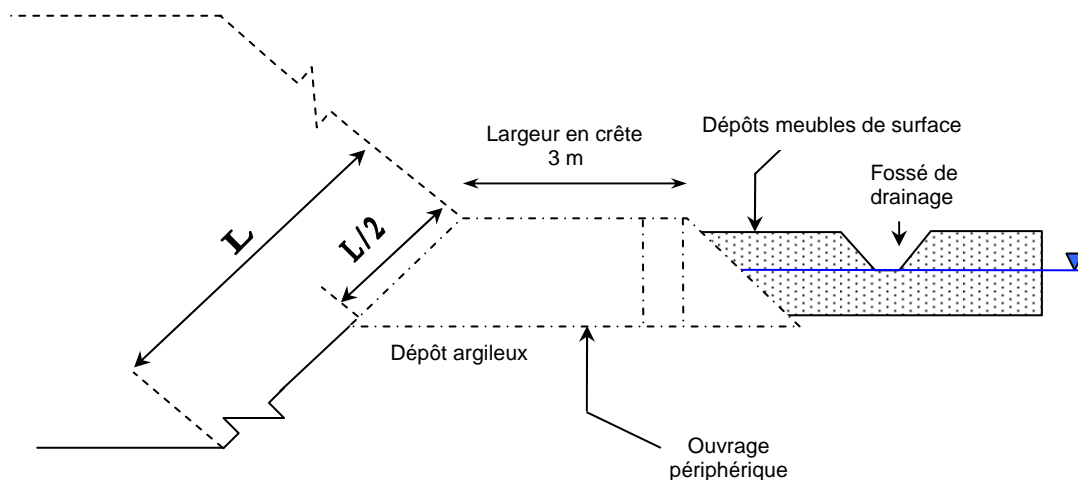
3.2.3 Aménagement en périphérie d'une cellule

Malgré l'exigence du RESC concernant le maintien du pourtour d'un LESC au niveau du sol environnant (art. 9) et de celle qui est liée à la présence d'une couche naturelle (art. 11), afin d'assurer un drainage adéquat des eaux de surface ou souterraines (nappe libre) et la présence de l'étanchéité recherchée par les exigences du RESC sur toute la paroi, la construction d'un ouvrage en périphérie d'une cellule pourra être effectuée.

Exception faite de la couche naturelle, l'ouvrage devra être conforme aux exigences de l'article 11 du RESC. Il devra avoir une largeur en crête de 3 mètres au minimum. Son niveau d'élévation final devra faire en sorte que la longueur de sa paroi représente au plus 50 % de la longueur totale de la paroi de la cellule ($L/2$) en tout point en périphérie de cette dernière (figure 4).

L'ouvrage devra de plus être ancré dans le dépôt argileux du terrain. En présence d'un dépôt argileux altéré ou fissuré en surface, la limite inférieure de l'ancrage devra atteindre le dépôt non altéré ou fissuré. Cette partie altérée ou fissurée sera considérée comme faisant partie du dépôt argileux aux fins d'évaluation du respect de la valeur de $L/2$.

Figure 4 : Configuration type d'un ouvrage périphérique



Il devra par surcroît être démontré à l'aide d'une méthode reconnue (ex. : Manassero et collab., 2000; Katsumi et collab., 2001) que, considérant des gradients hydrauliques identiques, l'ouvrage résulte en une efficacité en tout point équivalente à celle qui est offerte par la couche naturelle prescrite par l'article 11 du RESC (considérée seule). Il en va de même de l'association de l'ouvrage et de la couche naturelle du RESC avec la géomembrane du niveau de protection inférieur (niveau composite).

Cette efficacité devra être évaluée en fonction du :

- débit de fuite;
- temps de transport par advection;
- temps de transport par diffusion moléculaire;
- taux de transfert par diffusion moléculaire.

Lors de l'utilisation de plus d'un matériau en remplacement de la couche naturelle, l'efficacité en termes de débit de fuite du niveau composite devra être évaluée en considérant uniquement celui qui est en contact direct avec la géomembrane. La figure 5 présente à titre indicatif quelques aménagements envisageables.

La configuration de l'ouvrage (ex. : poursuite du recouvrement) ou les propriétés des matériaux le constituant devront faire en sorte qu'il ne soit pas affecté par les effets du gel et du dégel. À cet égard, les exigences de la section 3.2.2 s'appliqueront à la paroi qui se trouve à l'intérieur de la cellule.

En l'absence d'ouvrage périphérique, exception faite de la restriction liée à la longueur ($L/2$), les exigences de la présente section s'appliqueront, le cas échéant, à la partie supérieure du dépôt argileux altérée ou fissurée (figure 6). Les concepts de la figure 5 pourront notamment être retenus afin de réaménager adéquatement cette partie du dépôt argileux.

Figure 5 : Concepts d'aménagements envisageables pour un ouvrage périphérique

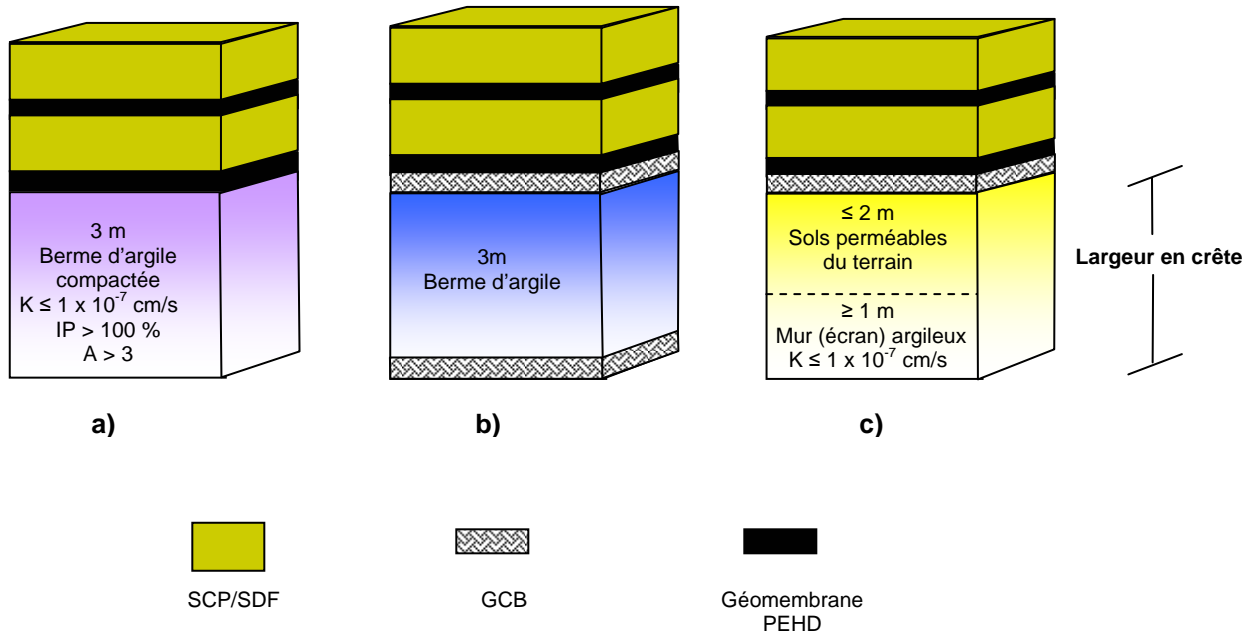
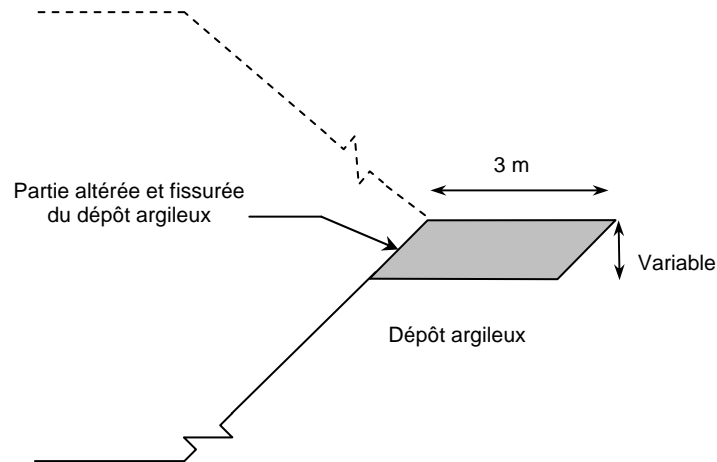


Figure 6 : Aménagement des parois en absence d'ouvrage périphérique



3.2.4 Préparation finale du fond et des parois

La préparation du fond de l'excavation et des parois consiste, d'une part, à retirer tout objet (métal, végétation, pierre angulaire, etc.) ainsi que toute particule qui risquerait d'endommager la géomembrane du niveau inférieur de protection et, d'autre part, à travailler la surface finale avec des équipements légers afin qu'elle soit la plus lisse et uniforme possible.

Lorsque cela est nécessaire pour reprofiler le fond et les parois afin d'assurer un drainage efficace, le remaniement du dépôt argileux pourra être permis, mais uniquement si ce dernier respecte toutes les

exigences de l'article 11 du RESC avant le remaniement (épaisseur, homogénéité, conductivité hydraulique, etc.). La remise en place devra être conforme aux exigences de la section 4.2.2 et viser l'atteinte d'une conductivité hydraulique égale ou inférieure à 1×10^{-7} cm/s.

3.2.5 Infiltration des eaux souterraines en fond de cellule

Afin de récupérer les eaux pouvant s'infiltrer sous la géomembrane inférieure, si requis, une excavation de faible dimension au point bas du fond de la cellule pourra être effectuée dans le dépôt argileux.

Malgré l'exigence visant à installer cette géomembrane directement sur le dépôt argileux (niveau composite), cette excavation devra être comblée à l'aide de matériaux granulaires drainant (ex. : pierre nette). Toutefois, dès que le poids des matériaux sous-jacents (SCP et SDF) ainsi que des sols contaminés enfouis sera suffisant pour compenser les pressions hydrauliques appliquées sous la géomembrane, cette aire de récupération devra être colmatée.

Les matériaux de colmatage seront essentiellement les mêmes que ceux qui sont utilisés pour l'obturation d'une méthode d'investigation destructive (section 2.8).

Dans les cas exceptionnels où un drainage adéquat des eaux présentes en fond de cellule ne serait pas possible, le dépôt argileux pourra être recouvert d'un géotextile avant l'installation de la géomembrane inférieure. Aucun autre matériau (ex. : sable, conduite, etc.) ne sera toutefois admissible sous cette dernière.

La sélection du géotextile devra être effectuée dans une optique de récupération de l'effet composite, donc d'une performance de courte durée et d'un colmatage relativement rapide par la suite (faible épaisseur et ouverture).

3.2.6 Équivalences des membranes synthétiques d'étanchéité

Bien que le RESC requière l'utilisation de membranes synthétiques de type PEHD d'une épaisseur minimale de 1,5 mm, il offre la possibilité d'en utiliser d'autres types d'épaisseur égale ou supérieure.

Afin de permettre l'utilisation d'une membrane autre qu'une PEHD, il devra être démontré que les propriétés de la membrane proposée sont au moins équivalentes à celles d'une PEHD de 1,5 mm. Dans ce but les propriétés suivantes devront être évaluées :

- propriétés hydrauliques;
- propriétés mécaniques;
- propriétés de durabilité.

La démonstration devra tenir compte sans s'y limiter :

- du contexte d'utilisation (ex. : caractéristiques des lixiviats, conditions climatiques);
- des fonctions visées par l'utilisation de la membrane synthétique;
- des exigences de conception;
- des méthodes de fabrication et d'installation;
- des exigences de contrôle et d'assurance qualité.

Concernant précisément la durabilité, elle devra être évaluée dans une optique de durée de vie à très long terme.

Sans s'y limiter, la démonstration pourra s'inspirer du *Guide ASTM D5819-05*. Préalablement à sa réalisation, un protocole devra être soumis au MDDEP pour approbation.

3.2.7 Systèmes de collecte des lixiviats (SCL)

3.2.7.1 Exigences du RESC

La seule exigence du RESC qui concerne la composition des SCL (SCP et SDF) est la pente minimale requise (2 %) en vertu de l'article 12.

Toutefois, en lien avec l'article 47 du RESC, la récupération des lixiviats doit être envisagée dans une optique d'efficacité à long terme, soit tant et aussi longtemps que le LESC ne sera plus susceptible de constituer une source de contamination. De ce fait, la conception du SCP et du SDF doit être effectuée dans cette optique.

3.2.7.2 Configuration des SCL

Il existe différentes façons de construire un SCL. Parmi les configurations les plus connues dans le domaine de l'enfouissement, on notera le lit granulaire de drainage unique et celui avec drains français.

Le lit granulaire de drainage unique est constitué d'un seul et même matériau granulaire (ex. : pierre nette), dans lequel sont installés des drains de récupération (ex. : PEHD). Ces drains sont situés aux points bas d'une cellule, là où se concentre l'écoulement.

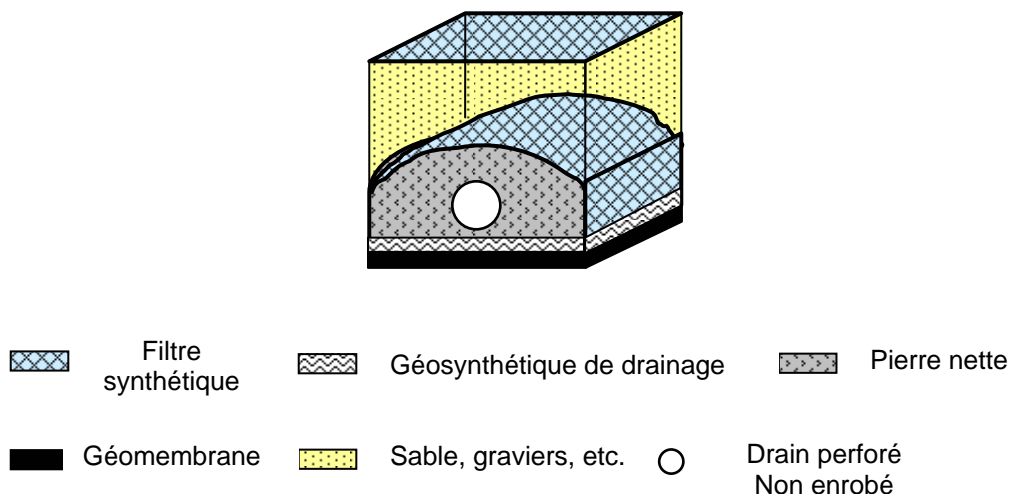
La configuration incluant des drains français requiert quant à elle l'incorporation de zones (circulaires) constituées de matériaux granulaires de grande ouverture (ex. : pierre nette), à l'intérieur d'un lit granulaire de drainage de plus faible ouverture (ex. : sable, gravier). Ces zones sont entourées d'un filtre synthétique et contiennent un drain de récupération (ex. : PEHD). Elles sont situées aux points bas d'une cellule et constituent ainsi des secteurs d'écoulement préférentiel (drains français) où les effets du colmatage apparaîtront plus tardivement.

Pour l'aménagement du SCP et du SDF d'une cellule d'un LESC, le recours au lit granulaire de drainage unique constitué de pierre nette et de drains de récupération PEHD, perforés non enrobés, est fortement recommandé.

À titre d'exigence minimale, le SCP et le SDF devront être composés d'un géosynthétique de drainage (excluant les géotextiles) installé sous un lit granulaire de drainage (30 cm SCP, 15 cm SDF) contenant des drains français de pierre nette (figure 7).

Sur les parois (uniquement), le SCP et le SDF pourront être composés seulement d'un géosynthétique de drainage (excluant les géotextiles).

Figure 7 : Exigence minimale d'aménagement des systèmes de collecte des lixiviats



Indépendamment de la configuration retenue, un filtre synthétique (géotextile) devra séparer les sols contaminés et le SCP. Ce filtre sera également requis entre le géosynthétique de drainage et les matériaux granulaires du SCP et du SDF (le cas échéant).

Lors de l'utilisation d'un géosynthétique de drainage, un géotextile conducteur devra être incorporé afin de permettre la vérification de la qualité des géomembranes à l'aide d'une méthode électrique de détection des défauts (section 4.2.3.4.2).

3.2.7.3 Filtre synthétique

À l'étape de conception, une sélection préliminaire du filtre devra être faite à l'aide d'une méthode théorique laissée au choix du concepteur (ex. : Mlynarek, 1998).

Cette sélection préliminaire devra être complétée par un essai de compatibilité en filtration (ASTM D5101) réalisé avec les matériaux retenus pour la construction des SCL. Un rapport complet confirmant la réalisation de l'essai et démontrant la stabilité du filtre devra être transmis (pour information) au MDDEP, avant le début de son installation.

Dans un LESC à caractère commercial, l'essai sur le filtre séparant les sols contaminés du SCP ne sera pas requis. Par contre, l'exploitation du LESC devra être effectuée de façon à ce que les sols contaminés contenant plus de 10 % de particules fines (80 µm) ne soient pas déposés sur le filtre.

3.2.7.4 Capacité de drainage

Une évaluation devra être effectuée à l'aide d'une méthode reconnue (ex. : Giroud et Houlinan, 1995; Giroud et collab., 2000; Giroud et collab., 2004) afin de démontrer que la hauteur atteinte par les lixiviats dans le SCP en fond de cellule sera au maximum de 30 cm.

La même évaluation devra être effectuée afin de démontrer que la hauteur des lixiviats dans le SDF n'atteindra pas le niveau de protection supérieur (géomembrane), assurant ainsi l'absence d'un lien hydraulique entre le SDF et le SCP. Aux fins de l'évaluation, un taux d'infiltration des lixiviats de 1 000 L/ha/j à travers le niveau de protection supérieur est recommandé.

3.3 Recouvrement d'une cellule

3.3.1 Exigences du RESC

En vertu de l'article 38 du RESC, les pentes du recouvrement d'une cellule doivent être de 2 % au minimum et 30 % au maximum.

De plus, le recouvrement doit contenir, de la base au sommet, les composantes suivantes :

- une couche imperméable;
- une couche drainante;
- un recouvrement de protection;
- une couche de terre végétale.

3.3.2 Couche imperméable

3.3.2.1 Options du RESC

Le RESC permet l'utilisation de deux types de couches imperméables, offrant *a priori* deux options de recouvrement (figures 8a et 8b).

La couche imperméable de l'option 1 est un niveau de protection composite constituée par la superposition d'une géomembrane PEHD et d'une couche de sol argileux d'une épaisseur minimale de 60 cm, ayant une conductivité hydraulique égale ou inférieure à 1×10^{-7} cm/sec.

Dans ce contexte, un mélange sol bentonite pourra être considéré à titre de sol argileux.

La couche imperméable de l'option 2 est quant à elle constituée par la superposition de deux géomembranes PEHD, séparées par une couche de protection appropriée.

3.3.2.2 Membranes synthétiques d'étanchéité

3.3.2.2.1 Équivalences

Bien que le RESC requière l'utilisation de membranes synthétiques de type PEHD d'une épaisseur minimale de 1,5 mm, il offre la possibilité d'en utiliser d'autres types d'épaisseur égale ou supérieure.

Afin de permettre l'utilisation d'une membrane autre qu'une PEHD, il devra être démontré que les propriétés de la membrane proposée sont au moins équivalentes à celles d'une PEHD de 1,5 mm.

Dans ce but, les propriétés suivantes devront être évaluées :

- propriétés hydrauliques;
- propriétés mécaniques;
- propriétés de durabilité.

La démonstration devra tenir compte sans s'y limiter :

- du contexte d'utilisation (ex. : absence des lixiviats, niveau composite, conditions climatiques);
- des fonctions visées par l'utilisation de la membrane synthétique;
- des exigences de conception;

- des méthodes de fabrication et d'installation;
- des exigences de contrôle et d'assurance qualité.

Concernant plus précisément la durabilité, elle devra être évaluée dans une optique de durée de vie à très long terme.

Sans s'y limiter, la démonstration pourra s'inspirer du *Guide ASTM D5819-05*. Préalablement à sa réalisation, un protocole devra être soumis au MDDEP pour approbation.

3.3.2.2.2 Cas particulier des géocomposites bentonitiques

L'utilisation des GCB pour le recouvrement des lieux d'enfouissement est devenue une pratique courante et peut présenter certains avantages (Koerner, 2005; Bouazza et collab., 2002).

Dans le contexte du recouvrement d'une cellule, du fait de l'absence des lixiviats, la principale fonction de la couche imperméable concerne ses propriétés hydrauliques.

Considérant la fonction visée, la performance hydraulique d'un niveau de protection composite (Giroud et Bonaparte, 1989; Bouazza, 2002; Foose et collab., 2002; Rowe, 1998a), de même que les propriétés mécaniques, la durabilité (Kavazanjian et collab., 2006) et l'épaisseur des GCB, leur utilisation à titre de membrane synthétique d'étanchéité en remplacement de la géomembrane PEHD inférieure de l'option 2 du RESC sera envisageable (figure 8c).

3.3.3 Couche de drainage

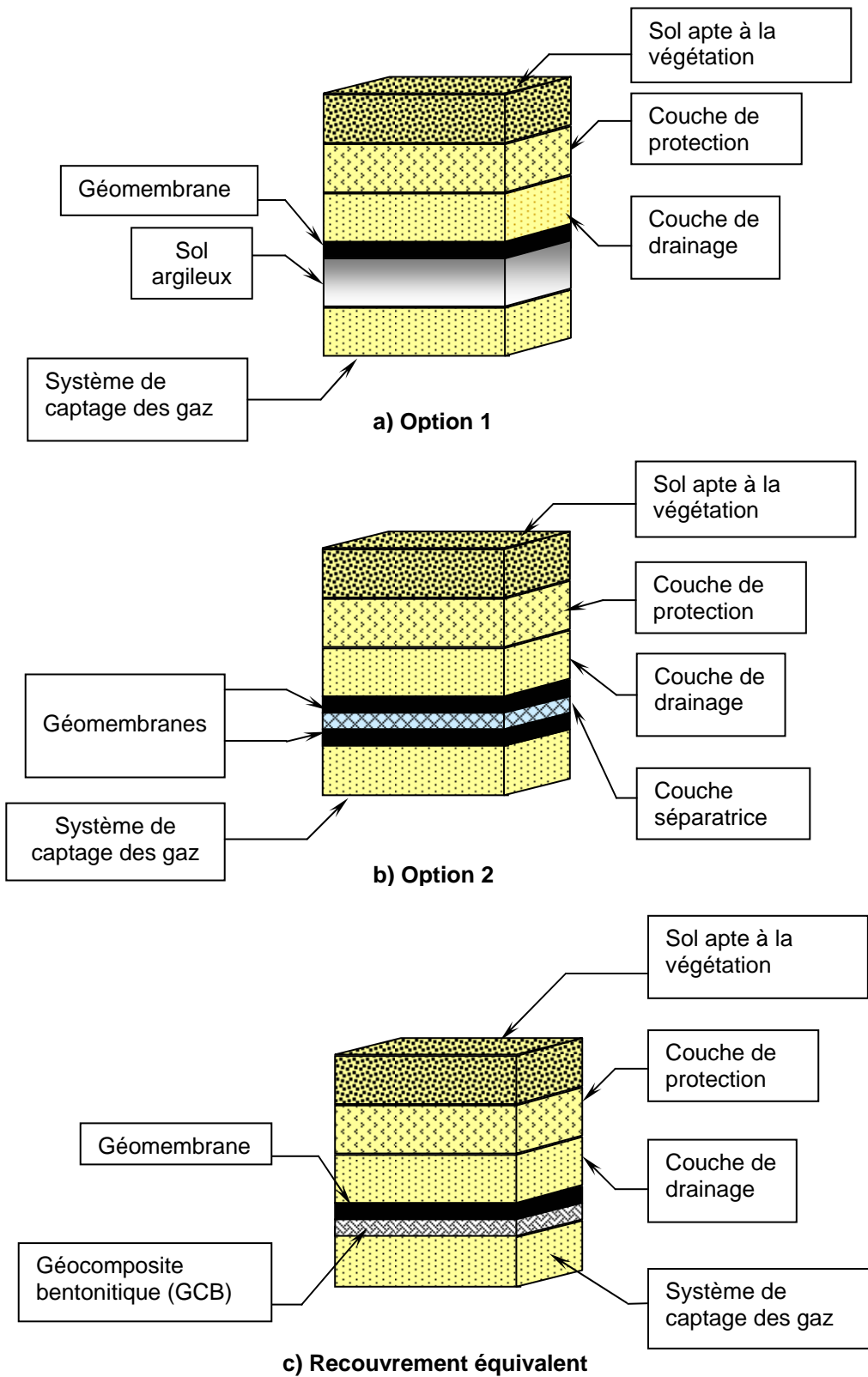
Bien que le RESC précise les caractéristiques d'épaisseur (60 cm minimum) et de conductivité hydraulique (égales ou supérieures à 1×10^{-3} cm/sec) des matériaux devant constituer la couche de drainage du recouvrement d'une cellule, il offre également la possibilité d'utiliser d'autres types de matériaux, comme les géosynthétiques de drainage (sauf les géotextiles), si la couche qui en résulte est équivalente.

Dans ce but, une modélisation du contexte d'écoulement à l'aide d'un outil approprié (ex. : Giroud et collab., 2000, Giroud et collab., 2004) devra démontrer que la hauteur d'eau présente dans la couche de drainage proposée sera égale ou inférieure à celle qui serait présente avec la couche de drainage requise en vertu du RESC.

Lorsque le matériau constituant la couche de protection sera différent de celui de la couche de drainage, l'utilisation d'un filtre synthétique sera requise entre ses deux couches. À l'étape de conception, une sélection préliminaire du filtre devra être faite à l'aide d'une méthode théorique laissée au choix du concepteur (ex. : Mlynarek, 1998).

Cette sélection préliminaire devra être complétée par un essai de compatibilité en filtration (ASTM D5101) réalisé avec les matériaux retenus pour la construction de la couche de protection. Un rapport complet confirmant la réalisation de l'essai et démontrant la stabilité du filtre devra être transmis (pour information) au MDDEP, avant le début de son installation.

Figure 8 : Séquences types du recouvrement d'une cellule



3.3.4 Couche de protection

Conformément au RESC, la couche de protection doit permettre de protéger la couche imperméable contre les effets du gel et des bio-intrusions. Son épaisseur doit donc être établie en fonction de la profondeur où l'on retrouve les effets du gel et des espèces utilisées pour revégéter la surface du recouvrement. Cette couche devra permettre la protection entière de la couche imperméable. Pour l'atteinte de cet objectif, les épaisseurs de la couche de drainage et de terre aptes à la végétation seront comptabilisées.

Concernant la protection nécessaire contre le gel, il est recommandé qu'elle soit déterminée à l'aide d'un outil approprié (ex. : logiciel de dimensionnement des chaussées souples du ministère des Transports du Québec). En présence d'une couche imperméable non influencée par l'effet du gel et du dégel, l'épaisseur de la couche de protection pourra être réduite.

3.3.5 Couche de terre apte à la végétation

En vertu du RESC, la couche de terre apte à la végétation doit être d'une épaisseur minimale de 15 cm. Elle doit permettre la croissance d'une végétation au moyen d'espèces qui ne peuvent endommager la couche imperméable. Cette couche de terre et les espèces utilisées doivent de plus permettre une végétation rapide (1 an) afin de limiter l'érosion.

3.3.6 Utilisation de sols contaminés dans le recouvrement

Lors de l'aménagement du recouvrement, l'utilisation de sols contaminés dans chacune des couches le constituant sera envisageable. Le cas échéant, la concentration des substances ou paramètres présents dans les sols devra être égale ou inférieure à celle des critères B de la grille des critères génériques pour les sols de la PPSRTC, de même qu'aux valeurs limites de l'annexe I du RPRT.

3.4 Intégrité des composantes d'une cellule

La figure 9 schématise à titre indicatif les principaux comportements pouvant affecter l'intégrité des composantes d'une cellule d'enfouissement de sols contaminés. Lors de la conception d'une cellule, sans s'y limiter, les risques de perte d'intégrité reliés aux phénomènes de tassement, de soulèvement, d'instabilité ainsi qu'à la charge transmise par les sols enfouis devront être évalués.

3.4.1 Intégrité du fond et des parois

3.4.1.1 Tassement

Le poids des sols contaminés enfouis peut provoquer des tassements différentiels non négligeables en fond de cellule. Ces tassements, de même que ceux pouvant se produire à l'intérieur même des sols enfouis, induisent des sollicitations en tension sur les matériaux présents sur le fond et les parois d'une cellule d'enfouissement.

Une estimation des tassements et des tensions à anticiper devra donc être faite afin de démontrer que l'intégrité de tous les matériaux présents (incluant les géotextiles et géosynthétiques de drainage), autant sur le fond que sur les parois, sera préservée et que les pentes de drainage en fond de cellule seront conformes aux exigences du RESC après tassements (2 %).

Concrètement, cela pourra entre autres impliquer la nécessité de fixer des pentes supérieures à 2 % en fond de cellule lors de la construction.

Concernant la sollicitation en tension dans les géomembranes PEHD, il devra plus précisément être démontré à l'aide d'une méthode reconnue (ex. : Giroud et collab., 1990) que l'élongation anticipée sera de 50 % inférieure à celle qui est retrouvée au point d'inflexion (*yield elongation*) indiqué dans la spécification GRI GM-13 (Geosynthetic Institute. GRI test method GM 13, juin 2009).

Pour les autres matériaux synthétiques (géotextile, géocomposite de drainage ou bentonitique, etc.), l'absence de rupture (ex. : déchirure) sera à démontrer en fonction des spécifications établies pour ces matériaux, en ayant recours à celles du Geosynthetic Institute lorsqu'elles sont disponibles.

Sur les parois, la sollicitation en tension dans les matériaux synthétiques sera fonction de l'addition des tassements maximaux anticipés à la limite inférieure de la paroi (pied de talus) et à l'intérieur du volume de sols enfouis.

3.4.1.2 Soulèvement

Le risque de soulèvement du dépôt argileux en raison de la pression appliquée par les eaux souterraines devra être évalué. Ce risque pourra entre autres impliquer la nécessité de maintenir une épaisseur de dépôt argileux plus importante que celle qui est exigée par le RESC sous le fond de la cellule.

3.4.1.3 Stabilité

3.4.1.3.1 Parois du dépôt argileux et ouvrage périphérique

La stabilité des parois après excavation du dépôt argileux devra être évaluée. Dans ce but, une modélisation devra être effectuée à l'aide d'outils appropriés (ex. : Slope/W, Slide, etc.) afin de démontrer que la configuration des pentes de la cellule offre une stabilité qui est sécuritaire. Cette évaluation devra inclure le cas échéant l'ouvrage périphérique (section 3.2.3).

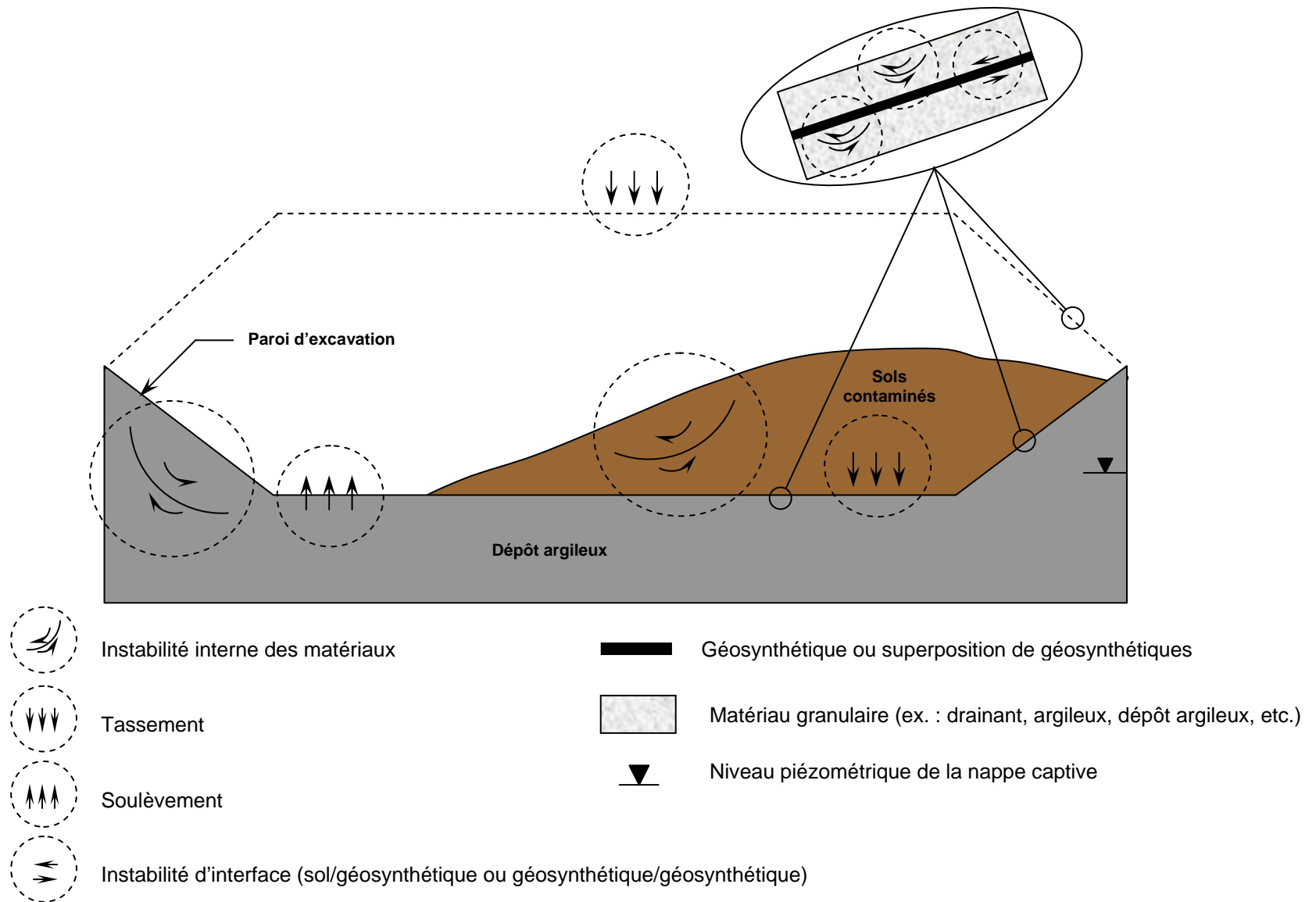
3.4.1.3.2 Système d'imperméabilisation et SCL

La stabilité des matériaux (synthétiques et granulaires) installés sur le fond et les parois d'une cellule devra également être évaluée. Dans ce but, une modélisation devra être effectuée à l'aide d'outils appropriés (ex. : Slope/W, Slide, Giroud et collab., 1995, etc.) afin de démontrer que la configuration de la cellule offre une stabilité qui est sécuritaire.

Tous les scénarios d'instabilité envisageables devront être considérés tant sur le fond que sur les parois, en tenant compte des conditions de saturation. Sans s'y limiter, la modélisation devra simuler les scénarios suivants :

- système d'imperméabilisation sur les parois à la suite de son installation;
- système d'imperméabilisation sur les parois avec sollicitation de la machinerie qui circule (ex. : lors de la mise en place des matériaux drainants, lors de l'enfouissement des sols par une rampe d'accès);
- système d'imperméabilisation sur le fond et les parois en présence de sols enfouis (retenir le contexte le plus critique dans la séquence d'enfouissement lors de l'exploitation). Dans le cas où la séquence d'enfouissement serait effectuée de façon à assurer la stabilité de la cellule, cette séquence devra être décrite avec détails.
- stabilité interne des matériaux granulaires du SCP en fonction des hauteurs de lixiviats calculées à la section 3.2.7.4.

Figure 9 : Comportements à risque pour l'intégrité d'une cellule



À l'étape de conception, une modélisation préliminaire de la stabilité de la séquence des matériaux installés, à partir de propriétés (ex. : angles de frottement, cohésion, poids volumétrique) tirées de la littérature ou de projets antérieurs, devra être réalisée. Lorsque cette modélisation permettra de cibler des interfaces plus sensibles (ou préoccupantes), ces dernières devront être clairement identifiées.

Une modélisation finale devra par la suite être effectuée à partir des propriétés propres aux matériaux retenus pour la construction. Ces propriétés devront être obtenues à l'aide d'essais réalisés avec ces matériaux, dont des d'essais de cisaillement direct (ASTM D5321) dans le cas des angles de frottement.

Un rapport complet confirmant la réalisation des essais et démontrant la stabilité du système d'imperméabilisation devra être transmis (pour information) au MDDEP, avant le début de son installation.

Les modélisations (préliminaire et de validation) devront être effectuées en considérant l'absence de tension dans les géomembranes PEHD. Il est de plus recommandé d'utiliser l'angle de frottement de la force de cisaillement résiduelle des essais de cisaillement directs.

3.4.1.3.3 Volume de sols enfouis

La stabilité du volume de sols enfouis devra aussi être évaluée. Là encore une modélisation devra être effectuée à l'aide d'outils appropriés (ex. : Slope/W, Slide, etc.), afin de démontrer que la géométrie de la séquence d'enfouissement offre une stabilité qui est sécuritaire.

3.4.1.4 Poinçonnement des géomembranes

Le maintien de l'intégrité des géomembranes PEHD à l'égard d'un poinçonnement causé par la circulation de la machinerie et d'une fissuration sous contrainte (*stress cracking*) à long terme due au poids des sols contaminés enfouis devra être évalué.

À l'étape de conception, une évaluation préliminaire à l'aide d'une méthode théorique laissée au choix du concepteur (ex. : Najero et collab., 1996) devra être réalisée.

Cette évaluation préliminaire devra être complétée par un essai de résistance au poinçonnement à long terme (ASTM D5514 procédure C, 100 heures et 2,5 fois la contrainte effective à 10 °C) réalisé avec les matériaux retenus pour la construction de la cellule. Un rapport complet (incluant un schéma du montage de l'essai) confirmant la réalisation de l'essai et démontrant le maintien de l'intégrité devra être transmis (pour information) au MDDEP, avant le début de l'installation de la géomembrane PEHD du niveau de protection inférieur.

L'essai ASTM D5514 devra être réalisé afin d'évaluer l'effet de chacun des matériaux en contact avec les géomembranes PEHD, y compris le dépôt argileux, les géosynthétiques de drainage, les drains français (section 3.2.7.2) et la zone de récupération des eaux souterraines (section 3.2.5).

Après un délai de 24 heures suivant l'essai ASTM D5514, l'absence de déformation dont l'arche d'élongation (ϵ) est supérieure à 0,25 % (calculé conformément à la section 12.2 de la norme ASTM D5514) signifiera que la protection des géomembranes PEHD est suffisante.

Advenant une protection insuffisante en lien avec la nature du dépôt argileux, la mise en place d'un géotextile entre la géomembrane inférieure et ce dernier sera permis. La sélection du géotextile devra être effectuée dans une optique de récupération de l'effet composite, donc d'une performance de courte durée et d'un colmatage relativement rapide par la suite (faible épaisseur et ouverture).

3.4.1.5 Intégrité structurale des drains

Une analyse démontrant que l'intégrité structurale des drains utilisés sera conservée (incluant le fluage en compression) compte tenu de la charge transmise par les sols contaminés enfouis devra être effectuée.

3.4.2 Intégrité du recouvrement

3.4.2.1 Stabilité

La stabilité des matériaux (synthétiques et granulaires) composant le recouvrement devra être évaluée. Dans ce but, une modélisation devra être effectuée à l'aide d'outils appropriés (ex. : Slope/W, Slide, Giroud et collab., 1995, etc.) afin de démontrer que la configuration du recouvrement offre une stabilité qui est sécuritaire.

Tous les scénarios d'instabilité envisageables devront être considérés, en tenant compte des conditions de saturation. Sans s'y limiter, la modélisation devra simuler les scénarios suivants :

- recouvrement après installation;
- recouvrement avec sollicitation de la machinerie qui circule (ex. : lors de la mise en place des matériaux drainants);
- stabilité interne des matériaux granulaires de la couche de drainage, de protection ou apte à la végétation, en fonction des hauteurs d'eau calculées à la section 3.3.3.

À l'étape de conception, une modélisation préliminaire de la stabilité de la séquence de matériaux composant le recouvrement, à partir de propriétés (ex. : angles de frottement, cohésion, poids volumétrique) tirées de la littérature ou de projets antérieurs, devra être réalisée. Lorsque cette modélisation permettra de cibler des interfaces plus sensibles (ou préoccupantes), ces dernières devront être clairement identifiées.

Une modélisation finale devra, par la suite, être effectuée à partir des propriétés propres aux matériaux retenus pour la construction du recouvrement. Ces propriétés devront être obtenues à l'aide d'essais réalisés avec ces matériaux, dont des d'essais de cisaillement direct (ASTM D5321) dans le cas des angles de frottement. Un rapport complet confirmant la réalisation des essais et démontrant la stabilité du recouvrement devra être transmis (pour information) au MDDEP, avant le début de son installation.

Les modélisations (préliminaire et de validation) devront être effectuées en considérant l'absence de tension dans les géomembranes PEHD. Il est de plus recommandé d'utiliser l'angle de frottement de la force de cisaillement résiduelle des essais de cisaillement directs.

3.4.2.2 Tassement

Le poids des sols contaminés enfouis peut provoquer des tassements différentiels non négligeables en fond de cellule. Ces tassements, de même que ceux pouvant se produire à l'intérieur même des sols enfouis, induisent des sollicitations en tension sur les matériaux composant le recouvrement d'une cellule.

Une estimation des tassements et des tensions à anticiper devra donc être réalisée afin de démontrer que l'intégrité de tous les matériaux composant le recouvrement (incluant les géotextiles et géosynthétiques de drainage) sera préservée et que les pentes de drainage seront conformes aux exigences du RESC après tassement (2 % à 30 %).

Concrètement, cela pourra entre autres engendrer la nécessité de fixer des pentes supérieures à 2 % et inférieures à 30 % lors de la construction du recouvrement.

Concernant la sollicitation en tension dans les géomembranes PEHD, il devra plus précisément être démontré à l'aide d'une méthode reconnue (ex. : Giroud et collab., 1990) que l'élongation anticipée sera de 50 % inférieure à celle qui est retrouvée au point d'inflexion (*yield elongation*) indiqué dans la spécification GRI GM-13 (Geosynthetic Institute. GRI test method GM 13, juin 2009).

Pour les autres matériaux synthétiques (géotextile, géocomposite de drainage ou bentonitique, etc.), l'absence de rupture (ex. : déchirure) sera à démontrer en fonction des spécifications établies pour ces matériaux, en ayant recours à celles du Geosynthetic Institute lorsqu'elles sont disponibles.

3.4.2.3 Poinçonnement des géomembranes

Le maintien de l'intégrité des géomembranes PEHD à l'égard d'un poinçonnement causé par la circulation de la machinerie devra être évalué.

À l'étape de conception, une évaluation préliminaire à l'aide d'une méthode théorique laissée au choix du concepteur (ex. : Najero et collab., 1996) devra être réalisée.

Cette évaluation préliminaire devra être complétée par un essai de résistance au poinçonnement (ASTM D5514 procédure C, 24 heures et contrainte effective de 700 kpa, à 23 °C) réalisé avec les matériaux retenus pour la construction du recouvrement.

Un rapport complet (incluant un schéma du montage de l'essai) confirmant la réalisation de l'essai et démontrant le maintien de l'intégrité devra être transmis (pour information) au MDDEP, avant le début de l'installation des géomembranes PEHD.

L'essai ASTM D5514 devra être réalisé afin d'évaluer l'effet de chacun des matériaux en contact avec les géomembranes PEHD, y compris les géosynthétiques de drainage et la couche imperméable.

Après un délai de 24 heures suivant l'essai ASTM D5514, l'absence de déformation dont l'arche d'élongation (ϵ) est supérieure à 0,25 % (calculée conformément à la section 12.2 de la norme ASTM D5514) signifiera que la protection des géomembranes PEHD est suffisante.

3.5 Ancrages

Les matériaux synthétiques installés sur les parois d'une cellule de même que dans son recouvrement doivent être adéquatement ancrés à leur extrémité. La figure 10 schématise à titre indicatif des exemples d'ancrages des géosynthétiques en présence ou en l'absence d'un ouvrage périphérique. Pour le dimensionnement des ancrages, il est recommandé d'utiliser une méthode reconnue (ex. : Sharma et Sangeeta, 1994).

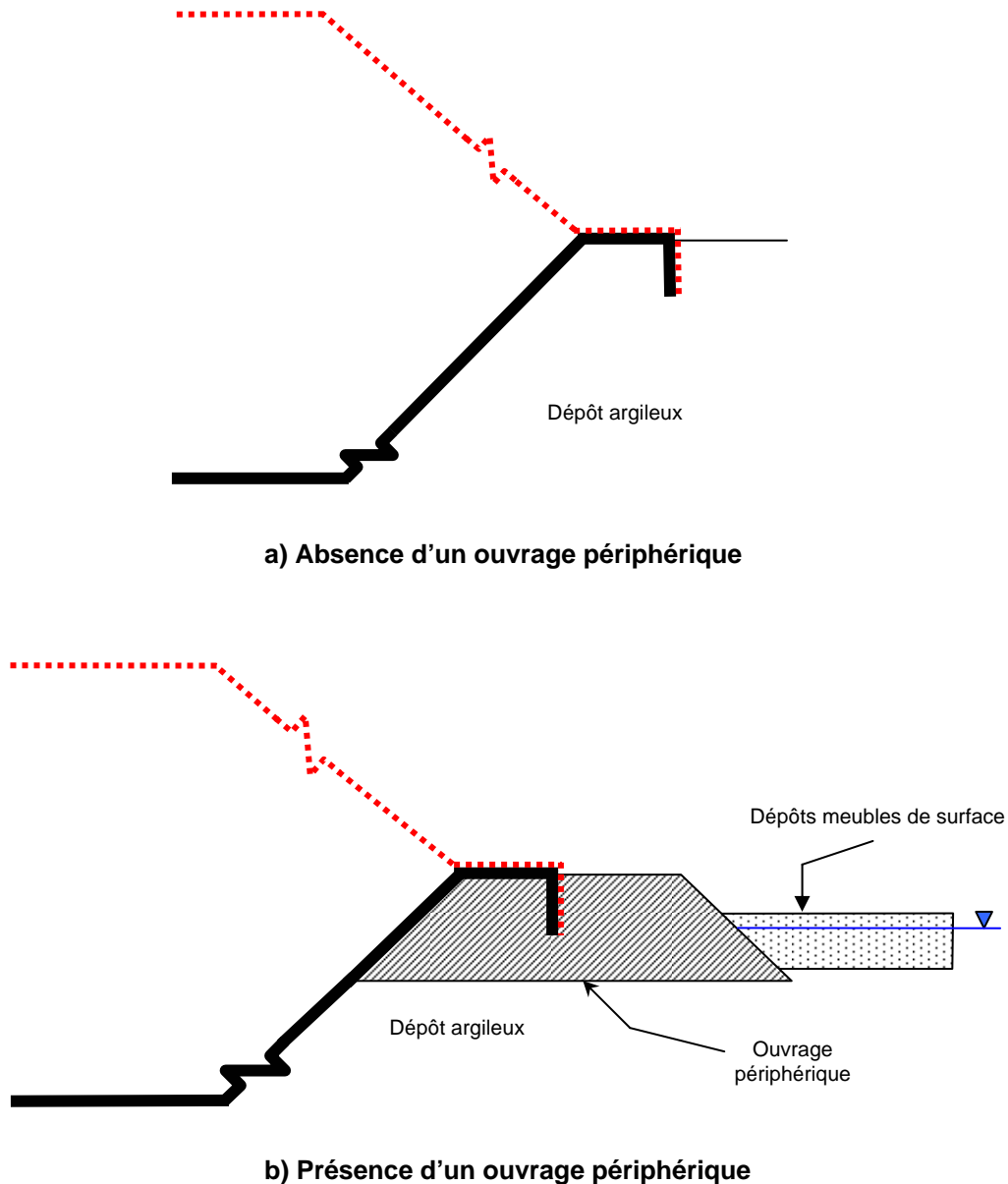
3.6 Aménagements complémentaires




3.6.1 Zone tampon

Exception faite des exclusions prévues au RESC, à savoir les LESC visés par les exigences de l'article 2 ou qui étaient en exploitation le 11 juillet 2001 (art. 64.1), tous les LESC doivent contenir sur leur pourtour une zone tampon d'une largeur minimale de 50 m.

Cette zone a pour but de préserver l'isolement du LESC, d'en atténuer les nuisances et de permettre l'exécution, au besoin, de travaux correctifs (ex. : forages, mur étanche, etc.). Par conséquent, aucune installation ne pourra être aménagée ou tolérée dans la zone tampon si elle a pour effet d'en limiter les fonctions.

Figure 10 : Ancrage des géosynthétiques



-  Géosynthétiques du système d'imperméabilisation
-  Géosynthétiques du recouvrement
-  Limite de la nappe libre

3.6.2 Réseau de drainage des eaux de surface

En vertu de l'article 14 du RESC, il est requis d'aménager un système de captage afin d'empêcher que les eaux de surface entrent en contact avec les sols contaminés enfouis et qu'elles ne pénètrent dans les cellules.

Dans ce but, des fossés de drainage devront être construits au pourtour des cellules d'un LESC.

La construction de fossés de drainage ne se limitera toutefois pas à ces dernières et sera requise au pourtour de toute installation à risque (sections 3.6.6 et 3.6.7). De plus, des fossés de drainage empêchant l'écoulement des eaux de surface vers l'extérieur ou l'intérieur (à partir des terrains adjacents) du LESC devront circonscrire les limites de ce dernier.

Le suivi des eaux de surface devra s'effectuer au droit d'un ou plusieurs émissaires localisés aux limites du LESC. Aucune eau de surface ne devra sortir du LESC par un émissaire non échantillonné. La figure 11 schématise à titre indicatif un exemple de réseau de drainage des eaux de surface.

3.6.3 Réseau de puits d'observation des eaux souterraines

En vertu de l'article 26 du RESC, un réseau de puits d'observation doit être aménagé afin d'effectuer le suivi de la qualité des eaux souterraines en amont et en aval hydraulique des aménagements d'enfouissement (cellule) d'un LESC.

Conformément aux exigences de cet article, certains puits d'observation devront être situés à proximité des cellules et d'autres aux limites du terrain.

La conception de ce réseau ne devra cependant pas se limiter aux cellules. Le réseau devra permettre d'effectuer le suivi de toute installation à risque présente dans un LESC (sections 3.6.6 et 3.6.7). La figure 12 schématise à titre indicatif une configuration type du réseau de puits d'observation visée par le RESC.

L'envergure du réseau de surveillance devra être établie en fonction de la surface couverte par les installations à risques. Le réseau devra ainsi être constitué d'un minimum de trois puits d'observation situés en aval hydraulique des installations, jusqu'à concurrence d'une surface couverte par ces dernières de 8 hectares. Pour chaque 8 hectares (ou partie de 8 hectares) de surface supplémentaire, un puits aval sera ajouté au réseau. S'additionnera au réseau établi au moins un puits situé en amont des installations à risques.

La surface prise en compte pourra regrouper toutes les installations à risques. Les installations pourront également être divisées en sous-groupes isolés. Certaines installations pourront de plus être considérées de façon ponctuelle. Le cas échéant, un nombre de puits devra être établi pour chacune des surfaces de ses sous-groupes ou installations.

Pour la conception du réseau, chacune des unités hydrostratigraphiques du terrain devra être considérée, bien que le suivi devrait se concentrer sur les plus perméables et les plus à risques. Dans cette optique, le suivi dans l'unité localisée dans le dépôt argileux (aquifère) pourra s'avérer non requis.

En raison des activités effectuées dans un LESC (ex. : manipulation de sols contaminés) et de la présence d'installations à risques en surface du terrain (sections 3.6.6 et 3.6.7), le suivi de la nappe libre sera requis, sauf s'il peut être effectué à partir du réseau de drainage des eaux de surface (ex. : fossés ancrés dans le dépôt argileux).

Figure 11 : Réseau de drainage des eaux de surface

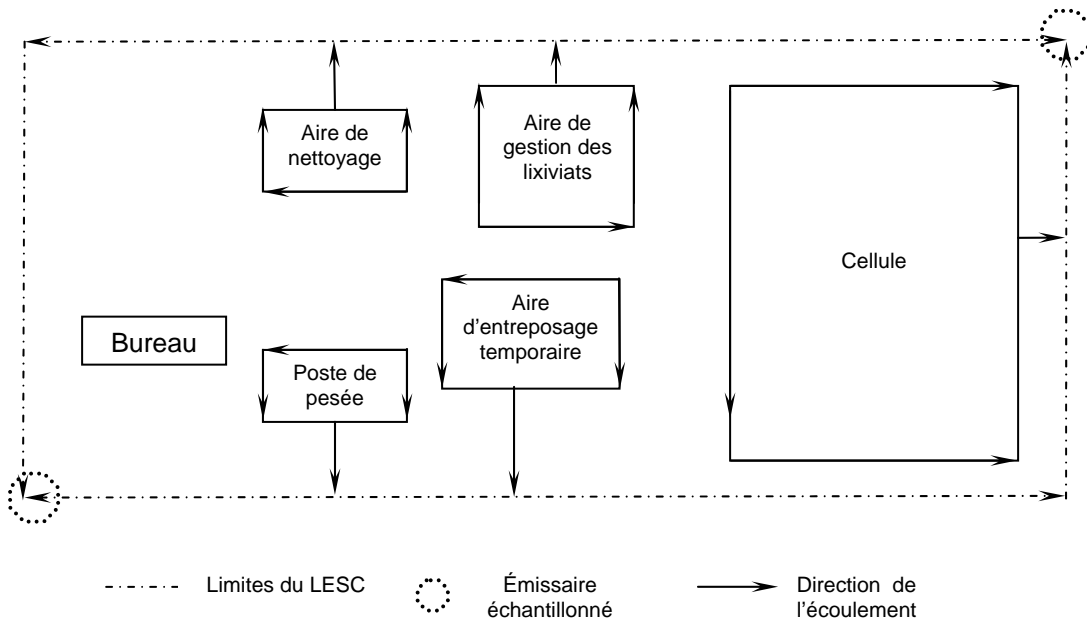
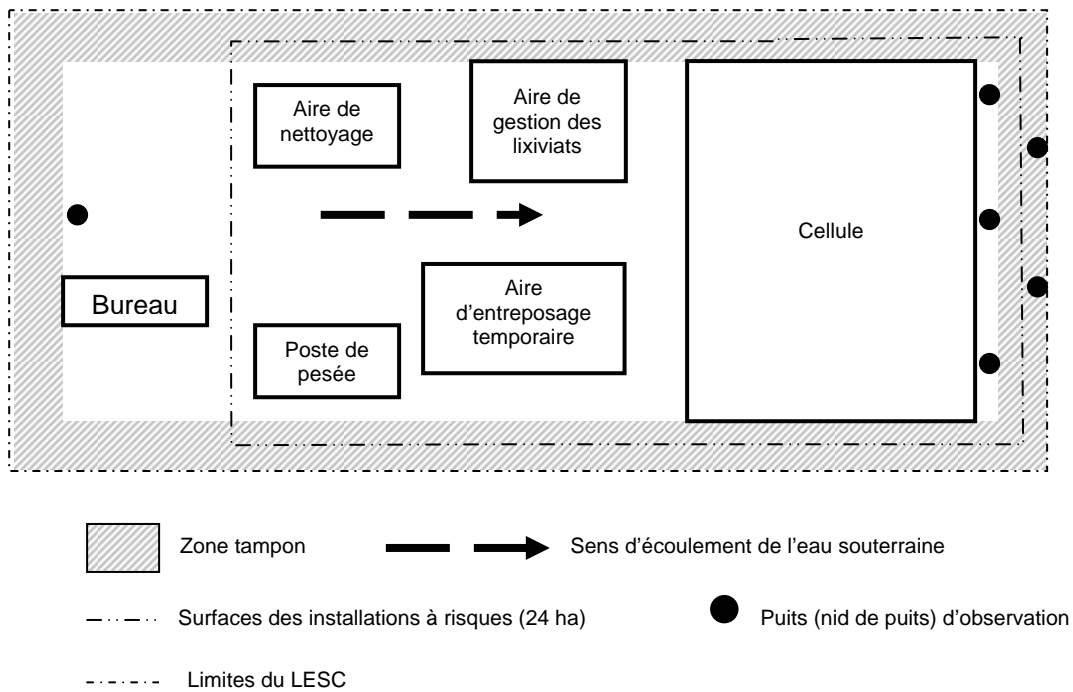


Figure 12 : Réseau de puits d'observation des eaux souterraines



3.6.4 Système de captage des gaz

En vertu du RESC, un système de captage est requis afin de recueillir et d'échantillonner les gaz présents dans les sols enfouis. En vertu du RESC, l'installation d'équipement de traitement, valorisation ou brûlage des gaz n'est pas systématiquement requise, mais pourra éventuellement s'avérer nécessaire advenant le dépassement des critères de rejet des gaz (voir section 5.1.3).

À titre d'exigence minimale, ce système devra être composé de matériaux granulaires ayant une conductivité hydraulique égale ou supérieure à 1×10^{-3} cm/s sur une épaisseur de 15 cm.

Toutefois, le système pourra être conçu avec des matériaux différents, par exemple un géosynthétique de drainage (sauf les géotextiles). Dans ce cas, il devra être démontré que le système proposé possède un potentiel d'évacuation des gaz qui est équivalent ou supérieur à celui qui a été mentionné précédemment dans le contexte concerné.

Le système devra couvrir toute la surface du recouvrement et inclure des événements permettant d'échantillonner les gaz qui y sont présents. Le nombre d'événements et leur emplacement devront être établis en fonction de la topographie du recouvrement. À cet égard, la présence d'un point haut rectiligne (plutôt que ponctuel) à niveau d'élévation constant sur une certaine distance est à éviter. Conséquemment, un événement devra être installé à chacun des points hauts (ponctuels) du recouvrement.

Lors de l'aménagement du système de captage des gaz, l'utilisation de sols contaminés sera envisageable. Le cas échéant, la concentration des substances ou paramètres présents dans les sols devra être égale ou inférieure à celle des critères B de la grille des critères génériques pour les sols de la PPSRTC, de même qu'aux valeurs limites de l'annexe I du RPRT.

3.6.5 Réseau de points de repères topographiques (recouvrement)

Un réseau de points de repères afin d'effectuer un relevé topographique permettant de suivre l'évolution des tassements à l'intérieur de la cellule devra être implanté dans le recouvrement. La fréquence d'implantation des points de repères devra être représentative de la surface couverte par la cellule.

3.6.6 Installations de gestion des lixiviats

3.6.6.1 Système de captage des lixiviats

En vertu de l'article 12 du RESC, la mise en place d'un système de captage est requise dans une cellule afin de récupérer tout liquide ou filtrat ayant percolé à travers les sols contaminés (lixiviats) et de les acheminer vers un réservoir ou une unité de traitement dans le but d'en déterminer la qualité avant leur rejet dans l'environnement (ou disposition hors site).

Par définition, ce système de captage des lixiviats inclura chacune des composantes des ouvrages permettant d'acheminer les lixiviats (conduites, regard, puisard, etc.), les SCL (SCP et SDF), de même que tous les équipements connexes (pompe, compteur d'eau, etc.). Les conduites permettant de remonter les lixiviats vers la surface pourront soit être installées sur les parois, soit être verticales.

Lors de l'aménagement d'une cellule, les équipements connexes (pompes, compteur d'eau) du SCP et du SDF devront être automatisés. Dans le SCP, ils devront être réglés afin de s'assurer que la hauteur des lixiviats dans le SCP ne dépasse jamais 30 cm (art. 12, RESC).

Dans le SDF ils devront assurer l'absence, en tout temps, d'un lien hydraulique entre la SCP et le SDF (absence de contact entre les lixiviats dans le SDF et la géomembrane du SCP).

En plus des cellules, des systèmes de captage des lixiviats seront également requis pour toutes les installations à risques présentes dans un LESC (section 3.6.7).

Toutes les composantes d'un système de captage des lixiviats devront être constituées de matériaux résistants aux agressions chimiques. Les conduites (tuyauteries) devront notamment satisfaire les exigences de la section 3 (réservoir) du Règlement sur les matières dangereuses (RMD).

3.6.6.2 Réservoir et unité de traitement des lixiviats

En vertu de l'article 12 du RESC, l'installation vers laquelle sont acheminés les lixiviats ne peut être que de deux types. Il peut s'agir soit d'un réservoir fermé, soit d'une unité de traitement.

Le réservoir fermé, de même que son aménagement, devra satisfaire les exigences de la section 3 (réservoir) du RMD. Le réservoir devra notamment être composé de matériaux résistants aux agressions chimiques des lixiviats.

L'unité de traitement pourra quant à elle inclure des bassins (à aire ouverte) servant à l'accumulation (sédimentation) des lixiviats avant leur transfert vers un système de traitement. Ces bassins pourront également permettre le traitement total ou partiel des lixiviats.

Le fond et les parois des bassins recevant les lixiviats à l'état brut ou à la suite d'un quelconque traitement devront être aménagés conformément aux exigences de l'article 11 du RESC et de la section 3.2.1 touchant le niveau de protection inférieur (figure 13a).

Ils pourront également être constitués de tout niveau de protection composite offrant une protection au moins équivalente.

Le cas échéant, il devra plus précisément être démontré à l'aide d'une méthode reconnue (ex. : Manassero et collab., 2000; Katsumi et collab., 2001) que, considérant des gradients hydrauliques identiques, l'ouvrage résulte en une efficacité en tout point équivalente à celle qui est offerte par la couche naturelle prescrite par l'article 11 du RESC (considérée seule). Il en va de même de l'association de l'ouvrage et de la couche naturelle du RESC avec la géomembrane du niveau de protection inférieur (niveau composite).

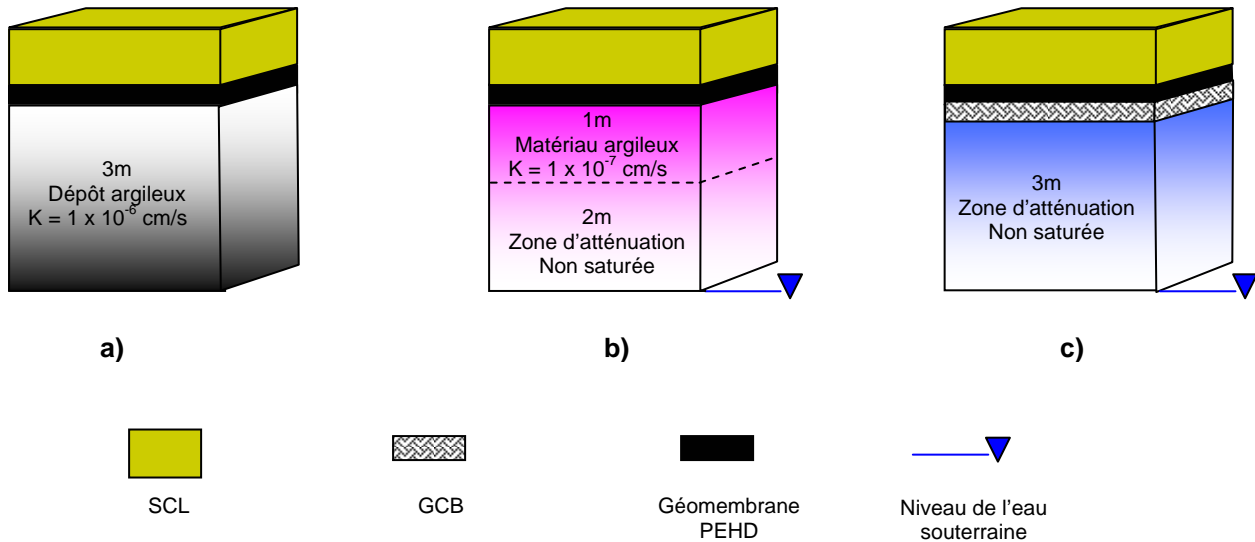
Cette efficacité devra être évaluée en fonction du :

- débit de fuite;
- temps de transport par advection;
- temps de transport par diffusion moléculaire;
- taux de transfert par diffusion moléculaire.

Lors de l'utilisation de plus d'un matériau en remplacement de la couche naturelle, l'efficacité en termes de débit de fuite du niveau composite devra être évaluée en considérant uniquement celui qui est en contact direct avec la géomembrane. Les figures 13b et 13c présentent à titre indicatif quelques aménagements envisageables.

Comme pour les cellules, les sections 3.2.2 à 3.2.6, 3.4.1 et 4 s'appliqueront aux bassins.

Figure 13 : Fond et parois des bassins (unité de traitement des lixiviats)



3.6.7 Autres installations

Lorsqu'elle est requise, une **aire d'entreposage temporaire** et de **tamissage** des sols contaminés devra également être aménagée. Afin de minimiser la génération de lixiviats et la dispersion des sols, un abri, ou une bâche, devra être mis en place pour protéger les sols contaminés des intempéries et des vents.

Des mesures devront aussi être mises en place à l'intérieur du LESC pour éviter que des sols contaminés soient transportés à l'extérieur du site. Ces mesures incluront entre autres l'installation d'une **aire de nettoyage** des camions et des diverses machineries.

La base des aires d'entreposage temporaire, de tamissage et de nettoyage devra être imperméabilisée et conçue de manière à permettre la récupération (à des fins de traitement) des lixiviats qui y sont présents.

L'aire d'entreposage et de tamissage devra également permettre de pouvoir manœuvrer aisément la machinerie requise pour les opérations de chargement et de déchargement. La base des aires d'entreposage temporaire, de tamissage et de nettoyage devra idéalement être composée de béton de ciment compacté au rouleau (BCR) ou d'un enrobé bitumineux conforme aux normes du MTQ.

Un LESC se devra aussi d'être équipé d'un **poste de pesée**. Afin d'éviter une congestion de la voie publique, une **aire de stationnement** des véhicules en attente pourra devoir être installée dans un LESC.

Finalement, tout LESC à caractère commercial devra être entièrement isolé à l'aide d'une **barrière**. Une **affiche** indiquant les activités du LESC et les restrictions d'admission qui en découlent devra également être installée.

3.6.8 Métaux et métalloïdes enlevés, stabilisés, fixés et solidifiés

Conformément à l'article 16 du RESC, les métaux et métalloïdes enlevés issus d'un procédé de traitement qui ont été stabilisés, fixés et solidifiés doivent être mis à part des sols contaminés dans une cellule.

À cette fin, l'enfouissement devra être effectué dans un secteur précis permettant de les localiser et de les retracer facilement (section 5.1.1.3). De plus, l'installation d'un géotextile séparateur sera requise afin de bien les distinguer des sols.

4. CONTRÔLE ET ASSURANCE QUALITÉ (CQ/AQ) DES MATÉRIAUX

4.1 Général

Lors de l'aménagement d'un LESC, un programme de contrôle et d'assurance qualité devra être élaboré pour tous les matériaux utilisés. Ce programme devra entre autres inclure une description (fiche technique) des propriétés de chacun des matériaux qui sont à respecter pour permettre leur utilisation. Il visera non seulement les propriétés des matériaux, mais également leur installation.

Le contrôle et l'assurance qualité de ces matériaux seront respectivement sous la responsabilité du maître d'œuvre des travaux de construction et d'une entité indépendante de ce dernier ainsi que de l'exploitant du LESC.

Le programme devra être basé sur les procédures, les méthodes, les techniques et les guides de contrôle les plus récents dans le domaine de la construction des lieux d'enfouissement (ex. : Daniel et Koerner, 2007). Les sections qui suivent, auxquelles il ne faudra pas se limiter, indiquent certains des éléments essentiels que doit contenir le programme.

4.2 Contrôle de la qualité

4.2.1 Matériaux granulaires drainants

Les matériaux granulaires drainants pourront être requis dans les SCL (section 3.2.7), la couche drainante du recouvrement et le système de captage des gaz (sections 3.3.3 et 3.6.4) de même que dans divers autres ouvrages.

Indépendamment de l'ouvrage auquel ils sont destinés, ces matériaux devront faire l'objet d'un contrôle à la source et lors de leur mise en place (ou à l'arrivée au site) afin de valider la constance de leurs propriétés.

Ils proviendront d'une source qui aura préalablement fait l'objet d'une acceptation de l'entité indépendante avant tout apport de matériau au LESC.

Le tableau 2 présente les exigences à inclure dans le programme de contrôle qualité en ce qui concerne les matériaux drainants.

Tableau 2 : Contrôle des matériaux drainants

Objectif	Caractéristique mesurée	Fréquence	
Contrôle de la source d'approvisionnement	Granulométrie	1/2000 m ³	
	Conductivité hydraulique	1/2000 m ³	
Contrôle lors de la mise en place (ou réception)	Granulométrie	1/ha*	1/500 m ³
	Conductivité hydraulique	1/3 ha*	1/1500 m ³

Modifié de Daniel et Koerner, 2007.

* Pour l'utilisation sous forme de couche (ex. : SCP et SDF).

4.2.2 Matériaux argileux

4.2.2.1 Général

Dans le présent guide, le terme matériau argileux fait principalement référence aux sols naturels argileux (ex. : dépôt argileux) de même qu'aux mélanges sol bentonite.

Le contrôle de la qualité d'un tel matériau pourra s'avérer requis advenant un remaniement du dépôt argileux ou la construction d'un ouvrage périphérique (sections 3.2.3 et 3.2.4), ainsi que dans l'option 1 de la couche imperméable du recouvrement (section 3.3.2.1). Il pourra également être requis lors de la construction d'une zone d'accumulation des lixiviats (section 3.6.6.2) ou pour tout autre aménagement nécessitant un certain niveau d'imperméabilisation.

L'objectif principal du programme de contrôle sera de s'assurer de la présence d'un matériau présentant les propriétés recherchées pour l'ouvrage auquel il est destiné, notamment une conductivité hydraulique égale ou inférieure à 1×10^{-7} cm/s. Advenant que l'atteinte d'une telle conductivité ne soit pas requise (ex. : figure 5b), le programme de contrôle pourra être allégé.

Selon que la mise en place s'effectue par compaction de couches horizontales successives (barrière horizontale) ou par remplissage d'une excavation verticale (barrière verticale), les contrôles à effectuer seront différents.

Dans le cas d'une barrière horizontale, ils devront tenir compte de la mise en place, qui devra être effectuée conformément à la méthode de compaction au-delà de la ligne optimale de compactage (LOC), pour laquelle il existe de nombreux ouvrages de référence (ex. : Daniel et Koerner, 2007; Benson et collab., 1999; Cabot et Lebihan, 1993).

Pour les barrières verticales (mur ou écran périphérique), ces contrôles devront inclure non seulement le matériau argileux (la barrière), mais également la boue de soutien introduite au préalable. Notons que, pour des considérations pratiques, les différents types de mélanges (ex. : ciment bentonite, sol ciment bentonite, etc.) pouvant être utilisés en remplacement d'un sol naturel ou d'un mélange sol-bentonite ne sont pas abordés dans le présent guide.

Les éléments de base à inclure dans tout programme de contrôle des matériaux argileux seront, sans s'y limiter :

- un contrôle des composantes (ou matériaux sources);
- un contrôle lors de la mise en place (ou à l'arrivée au site);
- la procédure utilisée pour établir les critères d'acceptabilité après la mise en place;
- un contrôle après la mise en place;
- des mesures correctrices et de protection après la mise en place.

4.2.2.2 Contrôle des composantes et lors de la mise en place

Le contrôle des composantes vise principalement à confirmer que les constituants (ou matériaux sources) d'un matériau argileux possèdent intrinsèquement les caractéristiques qui permettront l'atteinte des propriétés recherchées après la mise en place de ce dernier. Il contribue également à valider la constance des caractéristiques de ces constituants.

Dans le cas d'un sol (naturel argileux ou utilisé dans un mélange sol-bentonite) provenant du terrain dans lequel sera aménagé un LESC, les caractérisations effectuées lors de la sélection et de l'investigation du terrain (sections 1 et 2) pourront être utilisées à cette fin.

À la suite du contrôle des constituants, les propriétés des matériaux argileux devront être contrôlées lors de sa mise en place. Dans le cas d'un sol naturel argileux importé, le prélèvement pourra être effectué à l'arrivée au site. Dans le cas d'une barrière verticale, il pourra être fait juste avant le remplissage de l'excavation.

Le tableau 3 indique les paramètres à considérer lors du contrôle des composantes et de la mise en place d'un matériau argileux, ainsi que la fréquence d'échantillonnage à viser à cette étape du programme.

4.2.2.3 Contrôle après la mise en place

Cette étape du programme de contrôle a pour objectif de s'assurer qu'après la construction de l'ouvrage auquel il est destiné le matériau argileux présentera les propriétés recherchées, notamment une conductivité hydraulique égale ou inférieure à 1×10^{-7} cm/s (sauf exceptions).

Dans le cas d'une barrière horizontale, en plus de la conductivité hydraulique, le contrôle consistera à valider le respect de critères d'acceptabilité (tableau 4) qui ont préalablement été établis à l'aide d'une procédure basée sur le principe de compaction au-delà de la LOC (ex. : Daniel et Koerner, 2007).

Cette procédure devra notamment inclure des essais de laboratoire ainsi que la réalisation d'une planche d'essai. Il est à noter que, dans le cas d'un mélange sol-bentonite, la procédure devra être précédée d'une étape laboratoire ayant permis de fixer le contenu en bentonite du mélange.

Avant toute mise en place de matériaux argileux et pour chaque nouvelle source de matériau, le programme devra prévoir le recours à cette procédure.

En ce qui concerne précisément la planche d'essai, son lieu de réalisation devra refléter les conditions réelles du terrain où la construction sera réalisée. La méthode de compaction et les équipements utilisés devront de plus être similaires à ceux qui seront utilisés lors des travaux de construction.

La réalisation de la planche d'essai devra inclure une vérification de la conductivité hydraulique à l'aide d'au moins trois essais de perméabilité en cellule triaxiale effectués en laboratoire. Ces résultats devront être corroborés par des essais de conductivité hydraulique *in situ* (3 essais minimum) effectués à l'aide d'une méthode reconnue (ex. : infiltromètre à double paroi scellée ASTM D5093, méthode à double étape d'infiltration ASTM D6391-99).

Dans le cas d'une barrière verticale, le contrôle après la mise en place consistera essentiellement à mesurer la conductivité hydraulique du matériau argileux et à valider son homogénéité à l'aide de méthodes destructives. Ces mesures et ces validations s'effectueront à différentes profondeurs directement dans la barrière et s'ajouteront aux mesures de conductivité hydraulique effectuées à l'étape du contrôle lors de la mise en place (tableau 3).

À cette fin, il sera possible d'avoir recours soit à des essais de perméabilité *in situ*, soit à des sondages au piézocône, chacun devant être combiné à des essais de perméabilité en laboratoire (cellule triaxiale).

Tableau 3 : Contrôle des composantes et lors de la mise en place des matériaux argileux

Paramètre	Fréquence de contrôle	
	Composantes (ou matériaux sources)	Mise en place
Sol naturel et mélange sol-bentonite		
Teneur en eau ¹	1/2 000 m ³	1/800 m ³
Limites d'Atterberg ¹	1/5 000 m ³	1/800 m ³
% particules < 80 µm ¹	1/5 000 m ³	1/800 m ³
% particules < 5 mm ¹	1/5 000 m ³	1/800 m ³
Conductivité hydraulique ¹⁻²	1/10 000 m ³	1/800 m ³
Essai de référence Proctor (standard, modifié ou allégé) ¹⁻³	1/5 000 m ³	1/4 000 m ³
Bleu de méthylène (Alther 1983 et ASTM C837) ⁴	Sans objet	1/800 m ³
Affaissement (slump) ²	Sans objet	1/800 m ³
Densité totale ²	Sans objet	1/800 m ³
Bentonite⁵		
Indice de gonflement (ASTM D5390)	1/30 000 kg	Sans objet
Dimension des particules sèches (ASTM D422)	1/30 000 kg	Sans objet
Perte fluide (ASTM D5891)	1/30 000 kg	Sans objet
Boue de bentonite⁶		
Perte fluide (ASTM D5891)	Sans objet	2 par quart de travail (8 h) plus 1 par lot ⁷
Viscosité (ASTM D6910)	Sans objet	2 par quart de travail (8 h) plus 1 par lot ⁷
Densité totale	Sans objet	2 par quart de travail (8 h) plus 1 par lot ⁷
pH	Sans objet	2 par quart de travail (8 h) plus 1 par lot ⁷
pH, dureté et MES de l'eau utilisée	1 fois	Sans objet

Modifié de Daniel et Koerner, 2007.

1. Pour un mélange sol-bentonite, le contrôle des composantes s'applique au sol uniquement.
2. Applicable à une barrière verticale uniquement.
3. Applicable à une barrière horizontale uniquement.
4. Applicable à un mélange sol-bentonite uniquement.
5. Bentonite utilisée dans un mélange sol-bentonite ou une boue de bentonite.
6. Applicable lors de la préparation et uniquement à la boue de soutien introduite dans l'excavation d'une barrière verticale.
7. Un lot est défini comme la quantité de boue introduite avant le début de la mise en place du matériau argileux.

4.2.2.4 Mesures correctrices et de protection

Les secteurs ou levées déterminés non conformes devront faire l'objet de mesures correctrices ou d'une réévaluation par l'entrepreneur.

Lorsque cela est requis, le programme de contrôle de qualité devra prévoir des mesures de protection contre le gel, l'assèchement et l'érosion. Dans le cas d'une barrière horizontale, ces mesures s'appliqueront pour chaque levée compactée lors d'une journée et une attention particulière devra être apportée au lien entre les levées.

Le programme devra également prévoir la réparation de toutes les perforations causées par les essais de contrôle. Les matériaux de colmatage seront essentiellement les mêmes que ceux qui sont utilisés pour l'obturation d'une méthode d'investigation destructive (section 2.8).

Tableau 4 : Contrôle des matériaux argileux après la mise en place (barrière horizontale)

Paramètres	Fréquence	Critères
Épaisseur des levées après compaction	En continu	150 mm au maximum
Teneur en eau	13/ha/levée	Moins de 3 % des résultats non conformes et non concentrés dans une même levée ou un même secteur. Aucune teneur en eau mesurée ne doit être plus de 2 % ($w \% - 2 \%$) sous la limite inférieure et plus de 3 % ($w \% + 3 \%$) au-dessus de la limite supérieure de la plage établie.
Densité sèche	13/ha/levée	Moins de 3 % des résultats non conformes et non concentrés dans une même levée compactée ou un même secteur. Aucune mesure de la densité sèche ne devra être à plus de 80 kg/m ³ inférieurs à la valeur minimale de la gamme établie.
Nombre de passes du compacteur	3/ha/levée	Moins de 5 % des mesures non conformes et non concentrées dans une même levée ou un même secteur.
Conductivité hydraulique	3/ha/levée	Moins de 5 % des mesures non conformes et non concentrées dans une même levée ou un même secteur. Aucun résultat ne devra être supérieur à plus de la moitié d'un ordre de grandeur.

Modifié de Daniel et Koerner, 2007.

4.2.3 Géosynthétiques

4.2.3.1 Général

La construction d'un LESC inclut principalement l'utilisation de quatre types de géosynthétique, à savoir les géotextiles, les géosynthétiques de drainage, les géocomposites bentonitiques et les géomembranes. Ces matériaux sont utilisés à des fins de drainage, de séparation, de filtration, de protection et d'étanchéité.

Le programme de contrôle de la qualité des géosynthétiques devra être divisé, sans s'y limiter, en deux parties :

- l'acceptation des géosynthétiques utilisés;
- le contrôle lors de l'installation.

4.2.3.2 Acceptation

Le programme de contrôle de la qualité devra prévoir, avant l'installation de tout géosynthétique, la vérification du certificat de contrôle de qualité du fabricant et l'envoi d'échantillons en laboratoire afin de valider ce certificat. Le tableau 5 indique les caractéristiques des géosynthétiques visées par la réalisation d'essais en laboratoire à des fins d'acceptation.

Ces caractéristiques devront être validées à chaque 10 000 m² de géosynthétique installé. Chaque lot de production devra toutefois avoir fait l'objet du prélèvement et de l'évaluation d'au moins un échantillon.

4.2.3.3 Installation

Le programme de contrôle de la qualité devra inclure et détailler la façon dont la conformité des géosynthétiques sera vérifiée à chacune des étapes de leur installation, soit, sans s'y limiter :

- transport et manutention;
- entreposage;
- assemblage (avec échéancier);
- techniques d'installation (soudures, coutures, chevauchement, etc.);
- restrictions particulières d'installation;
- qualification du personnel;
- acceptation de l'assise;
- calibration des appareils utilisés;
- contrôle de la qualité des matériaux (avant et après la mise en place);
- procédure en cas de non-conformité;
- mesures correctrices des défauts.

4.2.3.4 Cas particuliers des géomembranes

4.2.3.4.1 Soudures

Étant donné leur implication dans la sécurité du LESC, les géomembranes devront faire l'objet d'une attention particulière lors de l'élaboration du programme de contrôle de la qualité. À cet égard, les soudures sont d'une importance capitale et devront faire l'objet d'une documentation particulière (numéro, longueur, emplacement, date).

La soudure des géomembranes PEHD devra être effectuée par fusion, sauf dans des situations particulières (ex. : soudures en T et réparations) où elle pourra être effectuée par extrusion.

Le programme de contrôle de la qualité devra prévoir la vérification en continu de la qualité des soudures des géomembranes PEHD par fusion à l'aide d'un essai non destructif de pressurisation (ASTM D5820). Pour les soudures par extrusion, la boîte à vide pourra être utilisée (ASTM D5641).

Le programme devra également prévoir la réalisation d'essais destructifs de pelage et de cisaillement en chantiers (tensiomètre portatif) afin de calibrer les appareils de soudure. Cinq essais destructifs seront nécessaires pour chaque calibration. Pour chaque essai, un échantillon sera envoyé en laboratoire afin de valider la qualité des soudures, encore là à l'aide d'un essai destructif de pelage et de cisaillement (ASTM D6392).

Des essais destructifs effectués à l'aide du tensiomètre portatif devront en plus être effectués systématiquement sur les soudures, à une fréquence minimale de 1/500 m de soudure s'il s'agit d'un opérateur certifié par l'International Association of Geosynthetics Installers et de 1/150 m dans le cas contraire.

Tableau 5 : Propriétés des géosynthétiques visées par des essais d'acceptation

Caractéristiques à vérifier			
Géomembrane PEHD	Géocomposite Bentonitique	Géosynthétique de drainage (PEHD)	Géotextile
Épaisseur	Masse surfacique	Épaisseur	Épaisseur
Densité	Masse de bentonite par unité de surface	Densité	Masse par unité de surface
Contenu en noir de carbone	Indice de gonflement	Résistance à la compression à la limite d'élasticité	Résistance en tension
Dispersion du noir de carbone	Volume de filtrat	Contenu en noir de carbone	Résistance au poinçonnement
Propriétés en tension	Résistance à la délamination	Transmissivité	Déchirure
Poinçonnement	Résistance en traction		Ouverture en filtration ¹
Déchirure	Flux indicatif		Permittivité ¹
Temps d'induction d'oxydation (OIT ou HP OIT)			
Résistance à la fissuration sous contrainte			
Hauteur des aspérités ²			

1. Applicable uniquement aux utilisations à titre de filtre.

2. Doit être égal ou supérieur à la valeur mesurée lors de l'essai ASTM D-5321 (voir sections 3.4.1.3.2 et 3.4.2.1).

4.2.3.4.2 Défectuosités

Le programme de contrôle de la qualité devra inclure une vérification de la qualité de toute géomembrane installée lors de l'aménagement d'un LESC (fond, parois, recouvrement, autres installations, etc.) à l'aide d'une méthode électrique de détection des défauts.

À moins d'impraticabilité technique, le programme devra prévoir une vérification systématique à la suite de la pose d'une géomembrane (avant son recouvrement par un autre matériau) et après la mise en place ou l'installation des matériaux sus-jacents (ex. : matériaux granulaires drainants, géosynthétiques de drainage). Le programme devra de plus prévoir la réparation de toute défaut détecté lors de ces vérifications, autant après la pose d'une géomembrane que lors de la mise en place des matériaux sus-jacents.

Le choix de la méthode s'effectuera à l'aide du guide ASTM D6747. Afin d'invoquer une impraticabilité technique dans le but de soustraire du programme le recours à ce type de vérification, un avis écrit d'un fournisseur de service de détection invoquant les éléments techniques à l'origine de cette impraticabilité devra être fourni au MDDEP.

4.3 Assurance de la qualité

4.3.1 Général

Le programme d'assurance qualité a pour objet de confirmer, sans toutefois s'y limiter, l'acceptabilité des propriétés ainsi que la qualité de tous les matériaux utilisés. Il vise non seulement les propriétés des matériaux, mais également leur installation.

Afin d'atteindre cet objectif, le programme devra prévoir la vérification des résultats obtenus lors de la réalisation du programme de contrôle de la qualité, de même que la réalisation d'essais en parallèle à ceux de ce dernier programme. Ces essais devront être réalisés à des fréquences fixes mais aussi aléatoires et lors de la reproduction intentionnelle de certains problèmes courants.

4.3.2 Cas particuliers des soudures des géomembranes

Pour les soudures, le programme d'assurance qualité devra permettre la réalisation d'essais destructifs en laboratoire (ASTM D6392) à chaque 1 000 m de soudure et la reproduction intentionnelle de quelques perforations afin de s'assurer de la performance de l'essai de pressurisation.

5. CONTRÔLE ET SURVEILLANCE D'UN LESC

5.1 Période d'exploitation

5.1.1 Sols contaminés

5.1.1.1 Général

Tel que l'exige l'article 15 du RESC, avant leur réception dans un LESC, l'admissibilité des sols contaminés doit avoir préalablement été établie par l'exploitant. Lors de la réception, ce dernier doit d'autre part procéder à l'échantillonnage et à l'analyse des sols. Notons toutefois qu'en accord avec l'article 2 du RESC les exigences reliées à l'article 15 ne sont applicables qu'aux LESC à caractères commerciaux.

5.1.1.2 Admissibilité des sols

Avant l'expédition des sols contaminés dans son LESC, l'exploitant doit avoir en sa possession suffisamment de données et d'informations pour lui permettre de confirmer qu'ils y sont admissibles.

Puisqu'il est de sa responsabilité de s'assurer de cette conformité, avant leur transport, il est recommandé de faire remplir par le propriétaire des sols un formulaire décrivant entre autres leur profil de contamination, auquel devra être joint un rapport d'analyse basé sur un nombre d'échantillons représentatifs et contenant tous les certificats d'analyse signés par le chimiste les ayant effectués.

Afin d'estimer le niveau de représentativité du rapport d'analyse, l'exploitant pourra se référer au *Guide de caractérisation des terrains* (MENV 2003) et à la section 8 de l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* (MDDEP 2008-2011), cahier 5, *Échantillonnage des sols*.

5.1.1.3 Réception des sols

En plus de s'assurer de l'admissibilité des sols, l'exploitant d'un LESC devra instaurer un programme d'échantillonnage et d'analyse lors de leur réception. Le but de ce programme consiste à valider le profil de contamination fourni par le propriétaire des sols aux fins de leur admissibilité.

En d'autres mots, il vise à s'assurer que les sols reçus correspondent bien au profil de contamination fourni par leur propriétaire et proviennent bien de ce dernier. Conséquemment, un nombre d'échantillons requis pour analyse devra être fixé pour chaque lot soumis pour admissibilité. À cette fin, un lot est défini comme étant constitué de sols ayant la même origine (ex. : terrain) et le même profil de contamination (nature des contaminants et plage de concentration). Le tableau 6 indique la fréquence minimale d'échantillonnage considérée acceptable à cette fin, qui devrait être augmentée en cas de divergence avec le profil fourni par le propriétaire des sols.

Il est de plus recommandé que le programme d'échantillonnage tienne compte de la possibilité d'une présence éventuelle de certaines substances plus particulières (ex. : BPC, dioxines, furannes, etc.) ou suspectes, dont la présence devrait être vérifiée malgré qu'elles soient absentes dans le profil de contamination.

Étant donné les délais occasionnés par l'échantillonnage à l'entrée et l'attente des résultats d'analyse, une procédure d'entreposage temporaire ou de retraçage des lots de sols (reçus ou enfouis) devra également être instaurée.

Advenant le cas où les résultats du programme d'échantillonnage et d'analyse révéleraient la présence de sols contaminés non admissibles au LESC, ceux-ci devront être retournés aux propriétaires ou transportés vers un lieu autorisé à les recevoir. Le cas échéant, une remarque en ce sens devra être inscrite au registre.

Tableau 6 : Fréquence d'échantillonnage des sols contaminés à la réception

Quantité de sols (tm)	Nombre minimal d'échantillons (composés)
200 et moins	1
Plus de 200	1 + 1 par 400 tonnes métriques

5.1.1.4 Tamisage des sols

Afin de réduire les volumes de sols à enfouir et de favoriser la valorisation des fractions non ou faiblement contaminées qui en font partie, une ségrégation physique (ex. : tamisage) des sols contaminés à la suite de leur réception est fortement recommandée dans un LESC.

Lors de cette opération, qui consiste à séparer les sols en différentes fractions granulométriques, chacune de ces fractions devra être gérée en fonction du niveau de contamination qui lui est propre. L'évaluation, le contrôle et la gestion des fractions générées devront être effectués conformément à la Procédure d'évaluation et de gestion des fractions grossières (annexe 1).

En présence d'un sol contaminé par une ou plusieurs substances organiques (uniquement), l'échantillonnage des fractions après tamisage devra s'effectuer conformément aux exigences de la version courante du cahier 5, *Échantillonnage des sols*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* (MDDEP 2008-2011). En ce qui concerne plus précisément le nombre d'échantillons à prélever, les exigences applicables seront celles du tableau 3 de la section 8.1 de ce dernier guide.

Il en va de même d'un sol contenant une ou plusieurs substances inorganiques (métaux et métalloïdes) lorsque la fraction tamisée sera analysée en fonction de la plage granulométrique 2-50 mm.

Pour les fractions tamisées d'un sol contenant une ou plusieurs substances inorganiques (métaux et métalloïdes) qui seront analysées en fonction des plages granulométriques < 2 mm ou 2-5 mm, des travaux de contrôle complémentaires à ceux du cahier 5 seront requis.

Ces travaux consisteront entre autres à constituer une pile égalisée à surface plane ne devant pas dépasser 1 mètre de hauteur, dans laquelle chacune des sections fera l'objet d'un prélèvement d'un échantillon composite constitué de 10 sous-échantillons (S-E) de 1 kg. Chacun de ces S-E devra être prélevé sur toute l'épaisseur de la pile. Après réception des résultats d'analyse, une seconde couche de 1 mètre pourra être superposée sur la première, puis échantillonnée à son tour de la même manière, et ainsi de suite.

Chaque échantillon composé de 10 kg devra par la suite être quarte jusqu'à l'obtention de quatre pointes de 1 kg. Deux de ces pointes (2 kg) devront être mélangées et transmises au laboratoire pour analyse. Lorsqu'un duplicata sera requis, un seul quartage sera nécessaire afin que les deux pointes totalisent 4 kg après mélange, soit l'équivalent de deux contenants de 2 kg.

En remplacement du quartage, le recours à la procédure de la section 4.1.8 (*fractional shoveling*) du document *Guidance for Obtaining Representative Laboratory Analytical Subsamples from Particulate Laboratory Samples* pourra également être proposé.

Le tableau 7 résume certaines particularités liées à l'échantillonnage des fractions d'un sol contenant une ou plusieurs substances inorganiques (métaux et métalloïdes) et ayant été tamisé conformément à la Procédure d'évaluation et de gestion des fractions grossières (annexe 1).

Tableau 7 : Échantillonnage des sols tamisés présentant une contamination inorganique

Volume de sols excavés (m ³)	Nombre de sections dans les piles	Nombre total de sous-échantillons ¹	
		Fraction analysée en laboratoire (méthode)	
		<2 mm ou 2-5 mm ² (MA. 200 - Mét. 1.2) ³	2-50 mm (référer au CEAEQ) ⁴
Moins de 30	1	10	5
30-60	2	20	10
60-100	3	30	15
100-200	4	40	20
200-1 000	4 + 1/100 m ³ au-delà de 200	40 + 10/100 m ³ au-delà de 200	20 + 5/100 m ³ au-delà de 200
1 000-2 000	12+ 1/250 m ³ au-delà de 1 000	120+ 10/250 m ³ au-delà de 1 000	60+ 5/250 m ³ au-delà de 1 000
Plus de 2 000	16 + 1/500 m ³ au-delà de 2 000	160 + 10/500 m ³ au-delà de 2 000	80 + 5/500 m ³ au-delà de 2 000

1. Prélèvement de 1 composite par section, chacun étant constitué de 5 ou 10 sous-échantillons (S-E) selon la fraction analysée en laboratoire.

2. Prélèvement sur une pile rectangulaire, égalisée à surface plane, ne devant pas dépasser 1 m de hauteur. Chaque S-E devra être prélevé sur toute l'épaisseur de la pile de 1 m de hauteur.

3. Méthode d'analyse MA.300 - Mét. 1.2. Détermination des métaux : méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma argon (CEAEQ).

4. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.

5.1.1.5 Registre d'exploitation

L'objectif visé par la tenue d'un registre est de conserver, à des fins de contrôle par le MDDEP, des informations relatives aux sols contaminés qui ont été enfouis dans un LESC.

Parmi ces informations figurent notamment celles qui sont relatives aux coordonnées du lieu d'origine des sols, à l'adresse du propriétaire de ces sols, à leur profil de contamination, de même que le rapport d'analyse et les résultats du programme d'échantillonnage à la réception.

Par lieu d'origine, on entendra le terrain d'où ont été excavés les sols contaminés. En autant qu'ils soient connus, tous les lieux par lesquels les sols contaminés ont transité, devront être inscrits au registre.

Concernant le propriétaire des sols, il peut s'agir du propriétaire du terrain d'où les sols ont été excavés, ou d'un intermédiaire ayant intervenu entre l'excavation et l'arrivée des sols au LESC.

Étant donné qu'il revient à l'exploitant de s'assurer de l'admissibilité des sols, dans le cas où des sols dont la concentration excède les valeurs limites de l'annexe I du RESC seraient enfouis, le registre devra inclure une copie du rapport détaillé ou les informations permettant de vérifier l'applicabilité des exclusions relatives aux articles 4.1^o b ou 4.1^o c, du RESC. De plus, pour les cas de métaux et métalloïdes enlevés, puis stabilisés, fixés et solidifiés en vertu de l'article 4.1^o b), les volumes et concentrations concernés devront figurer au registre.

Advenant le cas où un sol contenant une substance non listée à l'annexe I du RESC serait enfoui, sa concentration devra être inscrite au registre. Dans le cas où des sols contaminés seraient reçus dans un LESC pour une activité autorisée mais autre que l'enfouissement (ex. : traitement), ceux-ci devront être comptabilisés dans le registre de l'activité pour laquelle ils ont été admis. Advenant que ces sols soient enfouis par la suite, ils devront alors être inscrits dans le registre d'exploitation du LESC.

5.1.2 Eaux et lixiviats

5.1.2.1 Général

Le RESC prévoit des mesures de contrôle et de surveillance (suivi) de la qualité des eaux de surface et souterraines, des lixiviats présents dans les SCL en fond de cellule, de même qu'avant leur rejet dans l'environnement (eau de rejet), de préférence après traitement. Les mesures de suivi de la qualité des eaux de surface, souterraines et de rejet sont basées sur les substances et les paramètres ayant été identifiés ou détectés lors de l'analyse des lixiviats dans les SCL. Le tableau 8 résume à titre indicatif les détails relatifs à l'application de ces mesures.

Dans le cadre du RESC, par détectées ou identifiées on entendra des valeurs de concentration égales ou supérieures aux limites de détection de la méthode (LDM). Par substance quantifiée, on entendra une valeur de concentration égale ou supérieure aux limites de quantification de la méthode (LQM). Rappelons que ces limites doivent être établies par le laboratoire effectuant l'analyse. Concernant le paramètre de toxicité, il sera considéré identifié lorsqu'il excédera l'unité toxique (1 UT).

Lorsque des analyses de toxicité sont requises (lixiviats, eaux de surface et de rejet uniquement), les essais à effectuer seront les suivants :

Test de toxicité aiguë

- Truite arc-en-ciel, concentration létale pour 50 % des organismes (CL₅₀) après 96 heures;
- *Daphnia magna* (zooplancton), CL₅₀ après 48 heures;
- Tête-de-boule (poisson), CL₅₀ après 96 heures.

Tests de toxicité chronique

- Tête-de-boule, survie et croissance (CI₂₅ 7 jours et CL₅₀ 7 jours);
- Algues *Selenastrum* (phytoplancton), concentration qui inhibe 25 % de la croissance (CI₂₅) après 96 heures.

Tableau 8 : Mesures de suivi de la qualité des eaux et des lixiviats

Médium échantillonné	Fréquence minimale d'analyse (points d'échantillonnage)	Paramètres ou substances
Lixiviats (art. 29 et 30)	1 fois / an (SCP et SDF)	Annexe II ou susceptibles d'être présents dans les sols
Eau souterraine (art. 25 et 29)	1 fois avant l'implantation (tous les puits)	Annexe II ou susceptibles d'être présents dans les sols
Eau souterraine (art. 26 et 33)	3 fois / an (puits aux abords et en amont des cellules ou servant au suivi d'autres installations)	Détectés dans les lixiviats du SCP et du SDF
Eau souterraine (art. 26 et 33)	3 fois / an (puits aux limites du LESC) * Uniquement à partir du moment où des contaminants sont détectés dans les puits aux abords des cellules	Détectés dans les puits aux abords des cellules
Eau de surface (art. 32)	2 fois/ an	Identifiés dans les lixiviats du SCP et du SDF
Eau de rejet (art. 31)	Avant chaque rejet ou fixe lors d'un rejet en continu (après traitement ou sortie du réservoir étanche)	Identifiés dans les lixiviats du SCP et du SDF

Puisque les tests de toxicité nécessitent des volumes de liquide importants, une quantité insuffisante de lixiviats dans les SCL à des fins d'échantillonnage pourra justifier le fait de ne pas les réaliser. Dans cette situation, l'absence des tests de toxicité devra être justifiée par écrit. De la même façon, un volume insuffisant d'eaux de surface, souterraines ou de rejet pourra avoir des implications identiques sur leur suivi.

Les procédures d'échantillonnage devront être effectuées en conformité avec l'édition courante du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* (MDDEP 2008-2011), cahier 2, *Échantillonnage des rejets liquides* pour les lixiviats, les eaux de surface et de rejet. L'échantillonnage des eaux souterraines devra être effectué en conformité avec l'édition courante du cahier 3, *Échantillonnage des eaux souterraines*. Mentionnons à cet égard que, contrairement aux eaux souterraines, pour l'analyse des métaux et métalloïdes (uniquement) les échantillons de lixiviats, des eaux de rejet et de surface ne doivent pas être filtrés. Pour les eaux souterraines, l'ajout des agents de préservation s'effectue après la filtration, cette dernière étant réalisée idéalement sur les lieux de l'échantillonnage.

5.1.2.2 Lixiviats des SCL

Tel qu'indiqué dans le tableau 8, chacun des SCL présent en fond de cellule (SCP et SDF) doit être échantillonné au moins une fois par année (printemps ou automne). Dans un LESC à caractère commercial, les échantillons recueillis doivent être analysés en fonction de l'annexe II du RESC.

Dans le contexte d'un LESC satisfaisant les exigences de l'article 2 du RESC, les substances et les paramètres à analyser seront fixés en fonction de ceux qui sont susceptibles d'être présents dans les sols contaminés, à savoir ceux que l'on retrouve lors de la caractérisation du terrain, basée sur son

historique de contamination (activités polluantes) conformément au *Guide de caractérisation des terrains* (MENV 2003).

Lorsqu'un même système de collecte (ex. : le SCP) est constitué de subdivisions internes isolées hydrauliquement, l'échantillonnage devra être effectué à plus d'un point (normalement les points bas).

Dans ce contexte, les échantillons à analyser pourront cependant être des composés, constitués par le mélange des lixiviats prélevés à chacun de ces points. Le cas échéant, il devra d'abord être démontré à l'aide d'analyses que le mélange n'entraîne pas la non-détection de substances étant détectées lors d'un échantillonnage séparé.

En aucun cas le lixiviat du SCP ne devra être mélangé avec celui du SDF.

5.1.2.3 Eaux de surface et de rejet

En vertu de l'article 22 du RESC, les critères de rejet à l'environnement des eaux de surface et de rejet (lixiviats après traitement ou à la sortie du réservoir étanche) doivent être fixés au certificat d'autorisation.

Dans ce but, l'établissement d'objectifs environnementaux de rejet (OER) sera exigé autant pour les eaux de surface que pour les eaux de rejet. Ces objectifs seront établis par le MDDEP et il est recommandé d'en faire la réévaluation tous les cinq ans.

Tel qu'indiqué au tableau 8, dans les deux cas, les eaux devront être analysées en fonction des substances et des paramètres ayant été identifiés lors de l'analyse des lixiviats récupérés en fond de cellule (section 5.1.2.2). Notons qu'en lien avec les OER (ex. : absence de OER) l'analyse de certaines substances ou paramètres pourra être non requise.

Les eaux de surface devront être échantillonnées deux fois par année (printemps, été) et les eaux de rejet avant chaque rejet. En présence d'un rejet en continu, la fréquence d'échantillonnage et d'analyse devra toutefois être établie en fonction soit d'un volume rejeté (ex. : 1/2 000 m³), soit d'un délai de rejet (ex. : 1/mois).

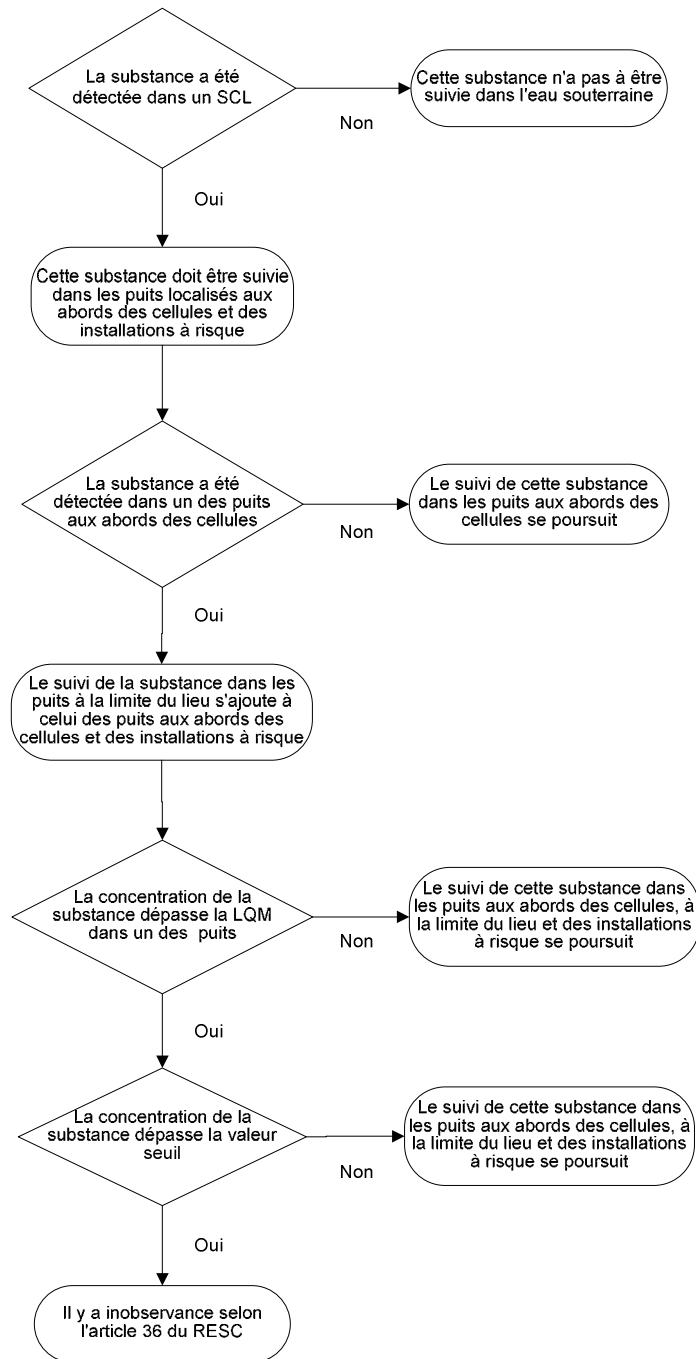
Advenant que les eaux de rejet soient dirigées vers le réseau d'égout d'une municipalité, ce sont principalement les critères ou les normes de la municipalité qui s'appliqueront. Dans ce contexte, une vérification auprès de cette dernière de la nécessité de procéder à l'analyse de toutes les substances identifiées dans les lixiviats devra être effectuée. Les recommandations de la municipalité à ce sujet devront être fournies au MDDEP.

5.1.2.4 Eaux souterraines

La figure 14 schématise la procédure applicable pour le suivi de la qualité des eaux souterraines lors de l'exploitation d'un LESC.

Selon cette procédure et tel qu'indiqué au tableau 8, le suivi doit être effectué 3 fois par année dans les puits situés aux abords des cellules, et ce en fonction de toutes les substances détectées (ce qui exclut la toxicité) lors de l'analyse des lixiviats récupérés dans les SCL en fond de cellule (section 5.1.2.2).

Figure 14 : Procédure applicable pour le suivi de la qualité des eaux souterraines



De la même façon, ce suivi sera requis dans tous les puits situés en amont des cellules, ainsi que dans ceux qui sont aménagés pour le suivi des installations à risques (section 3.6.3).

Lorsqu'une de ces substances est détectée dans l'un des puits aux abords des cellules, cette dernière devra de plus être suivie dans les puits situés aux limites du LESC.

En cas de détection d'une substance dans un puits du terrain, la valeur de concentration nécessite ensuite d'être comparée à la LQM. Advenant une valeur égale ou supérieure à la LQM, elle est alors comparée à la valeur seuil du terrain. Dans le cas d'une valeur de concentration inférieure à la LQM ou à la valeur seuil, la procédure s'arrête et le suivi se poursuit conformément au RESC.

Le dépassement de la valeur seuil signifiera pour sa part la présence d'un cas d'inobservance devant être traité conformément aux exigences de l'article 36 du RESC. Pour l'évaluation des cas d'inobservance, il est recommandé d'avoir recours au *Guide technique de suivi de la qualité des eaux souterraines* (MDDEP, 2008). Une mesure minimale à prendre en vertu de l'article 36 sera la poursuite de l'analyse de cette substance dans les puits visés par l'inobservance dans les campagnes d'échantillonnage subséquentes, malgré une non-détection dans les SCL ou les puits aux abords des cellules (selon le cas).

Aux fins d'établissement des valeurs seuil, dans le cas d'un nouveau lieu, dès que l'analyse d'une substance s'avérera requise dans un puits du terrain, elle devra se poursuivre pendant les trois années précédant la première détection dans les SCL ou les puits aux abords des cellules selon le cas. Ces mesures pourront ainsi s'ajouter à celles qui sont effectuées avant l'implantation du LESC.

Pour les LESC en exploitation le 11 juillet 2001, l'établissement des valeurs seuil sera évalué au cas par cas, en fonction des données de suivi disponibles. En l'absence de données recueillies avant l'implantation du lieu, les valeurs seuil pourront principalement être établies à partir des puits situés en amont hydraulique des cellules.

5.1.3 Gaz et air ambiant

Pendant toute la durée de l'exploitation, 1 fois par an, l'air ambiant devra être échantillonné aux limites du LESC selon les méthodes TO-14A ou TO-17 du document *Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air-second edition* de la EPA et être analysé en fonction du spectre complet de substances de ces méthodes.

Dans le contexte d'un LESC satisfaisant les exigences de l'article 2 du RESC, les substances à analyser pourront provenir d'une méthode ayant un spectre plus limité, choisie en fonction de celles qui sont susceptibles d'être présentes dans les sols contaminés.

Advenant le dépassement des valeurs de critère de qualité de l'air ambiant aux limites du LESC, un échantillonnage des sources potentielles de gaz présentes sur le LESC (cellule, air d'entreposage, etc.) selon les méthodes TO-14A ou TO-17 devra être effectué et analysé en fonction du spectre complet de substances de ces méthodes. Lorsque les sources de dépassement des critères auront été identifiées, des mesures devront être mises en place afin d'éliminer ou de diminuer les répercussions sur l'air ambiant reliées à ces sources.

Dès la fermeture d'une cellule, une caractérisation des gaz devra être effectuée à la sortie de chacun des événements présents, selon les méthodes TO-14A ou TO-17, et être analysés en fonction du spectre complet de substances de ces méthodes.

Là encore, dans le contexte d'un LESC satisfaisant les exigences de l'article 2 du RESC, les substances à analyser pourront provenir d'une méthode ayant un spectre plus limité et choisie en fonction des substances qui sont susceptibles d'être présentes dans les sols contaminés. Lorsque cela est nécessaire, l'échantillonneur devra être introduit à l'intérieur de l'événement.

À l'aide des résultats de cette caractérisation, une modélisation de la dispersion des gaz en provenance de la cellule (événements) et conforme au *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique* devra être effectuée.

Sur la base de cette modélisation, des valeurs limites de concentration correspondant au dépassement des critères de la qualité de l'air aux limites du LESC devront être établies au pourtour de la cellule.

Cinq ans après la fermeture d'une cellule et tous les cinq ans par la suite, la caractérisation et la modélisation devront être reprises.

À la suite de l'établissement des valeurs limites de concentration, une fois par an les gaz à la sortie de chacun des événements de la cellule devront être échantillonnés et analysés uniquement en fonction des substances ayant été détectées lors de la caractérisation après la fermeture. Si la sensibilité d'un appareil de mesure portatif (ex. : photoionisateur) est suffisante pour permettre de valider le respect des valeurs limites, il pourra être utilisé.

Dès le dépassement d'une des valeurs limites de concentration à un des événements de la cellule, un échantillonnage de l'air ambiant aux limites du LESC selon les méthodes TO-14A ou TO-17 devra être effectué et analysé en fonction du spectre complet de substances de ces méthodes. En cas de dépassement des critères de la qualité de l'air aux limites du LESC, des mesures devront être mises en place (ex. : traitement des gaz à la sortie des événements) afin d'éliminer l'impact provenant de la cellule.

Au moment de l'échantillonnage, la présence de gaz en quantité insuffisante pour en permettre l'échantillonnage pourra faire en sorte que les analyses demandées ne pourront être réalisées. Après quelques tentatives infructueuses, l'absence d'échantillon et de résultat analytique devra être justifiée par écrit dans le rapport prévu à l'article 21 du RESC.

Pour les LESC contenant plus d'une cellule, la procédure précédente devra être répétée à la suite de la fermeture de chacune des cellules du LESC.

L'échantillonnage de l'air ambiant et des gaz à la sortie des événements devra être effectué en conformité respectivement avec le document *Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air-second* édition de la (USEPA 1999) et le cahier 4 *Échantillonnage des émissions atmosphériques en provenance de sources fixes* du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* (MDDEP, 2008-2011).

L'échantillonnage de l'air ambiant et des gaz à la sortie des événements devra également être effectué lors des conditions les plus propices à la migration des gaz soit, sous le vent, lors de vents calmes (<5 km/h), de température chaude (>18 °C) et en présence d'un taux d'humidité faible (<75 %).

5.1.4 Recouvrement

Tel que l'exige l'article 39 du RESC, l'exploitant se doit, durant l'exploitation de son LESC, d'assurer le maintien de l'intégrité du recouvrement en comblant les trous, les fissures et les dépressions afin d'éviter que de l'eau s'y accumule.

5.1.5 Vérification et entretien des installations

5.1.5.1 Programme d'inspection et d'entretien

L'article 35 du RESC exige la vérification, une fois par année, de l'efficacité et de l'étanchéité des systèmes de captage des lixiviats ainsi que du système de traitement des lixiviats présent dans un LESC. Afin d'en assurer le fonctionnement, l'article 18 exige le contrôle, l'entretien et le nettoyage de tous les systèmes de captage et de traitement des lixiviats en plus des puits d'observation des eaux souterraines.

Dans le cadre du RESC, par système de captage on entendra tous les ouvrages permettant la récupération des gaz, des eaux de ruissellement et de rejet, de même que des lixiviats, autant ceux qui sont ouverts (ex. : fossés, bassins, planchers des aires d'entreposage et de lavage, etc.) que ceux qui sont fermés (conduites, ponceaux, matériaux drainants, etc.). Les vérifications requises en fonction des articles 18 et 35 incluront tous les appareils faisant partie des systèmes (pompe, compteur d'eau, etc.).

Le tableau 9 indique, pour les systèmes de captage et de traitement ainsi que les puits d'observation, les fréquences minimales applicables aux fins d'application des articles 18 et 35.

Les tests d'efficacité et d'étanchéité seront requis uniquement pour les conduites (tuyauteries) fermées transportant les lixiviats. Ces tests peuvent être effectués au moyen de différentes méthodes, lesquelles sont dépendantes entre autres du diamètre de la conduite. Il peut donc s'agir de tests de pression (plus petit diamètre) ou de l'introduction d'une caméra (plus grand diamètre) qui permet de localiser les zones importantes de fuite (bris, joint désassemblé, etc.). S'ajouteront à ces tests ceux qui sont requis afin de vérifier (tous les deux ans) le fonctionnement d'un système de protection contre la corrosion, le cas échéant.

Pour le cas particulier des gaz, la vérification s'effectuera par la validation de l'absence de zone de gonflement dans le recouvrement (zone où le gaz n'est pas évacué) à l'aide d'un relevé topographique. La vérification de l'étanchéité pourra également s'effectuer par une validation de l'absence de fuites (détecteur de méthane ou de COV) lorsque des bris surviennent dans le recouvrement.

Tableau 9 : Fréquences d'inspection et d'entretien des installations

Type de système	Fréquence minimale		
	Test d'efficacité et d'étanchéité	Inspection visuelle	Entretien et nettoyage
Ouvert	s.o.	1/an	Au besoin
Fermé hors sol	1/an	1/an	Au besoin
Fermé enfoui	1/an	s.o.	Au besoin
Puits d'observation	s.o.	1/an	Au besoin

s.o. = sans objet.

5.1.5.2 Efficacité du système de traitement des lixiviats

Dans le cas particulier des systèmes de traitement des lixiviats, la vérification de l'efficacité pourra s'effectuer sur la base des données recueillies lors du suivi requis en application de l'article 31 du RESC (section 5.1.2.3).

5.1.5.3 Efficacité et étanchéité du SCP

À l'intérieur d'une cellule, la vérification de l'efficacité et de l'étanchéité du SCP devra être effectuée. Elle consistera à évaluer le taux d'infiltration des lixiviats à travers la géomembrane supérieure.

Pour ce faire, il faudra déterminer la quantité de lixiviats présente dans le SDF et déterminer l'intervalle de temps ayant permis son accumulation (ex. : intervalle de temps entre deux pompages). La valeur obtenue (ex. : litres/jour) sera alors répartie sur la surface de collecte (surface du fond de la cellule) pour obtenir la valeur finale du taux d'infiltration (ex. : litres/jour/hectare).

5.1.5.4 Systèmes complémentaires de vérification de l'étanchéité

Afin d'en valider l'étanchéité, différents systèmes pourront être aménagés au niveau de certaines installations (ex. : puits d'observation ou système de détection de fuites sous un bassin ou une plateforme d'entreposage). Le cas échéant, la vérification de l'étanchéité pourra s'effectuer à partir de ces systèmes.

5.2 Période postfermeture

Les articles 40 à 42 et la section VI du chapitre 2 du RESC fixent les exigences relatives à la fermeture d'un LESC, de même qu'à la période postfermeture.

L'article 43 oblige plus précisément le respect du chapitre II du RESC pour une période minimale de trente ans à la suite de la fermeture. Cet article fait notamment mention des exigences qui sont liées :

- au maintien de l'intégrité du recouvrement (art. 39);
- au contrôle de même qu'à l'entretien des équipements et des systèmes de captage et de traitement (art.18);
- à l'exécution des campagnes d'échantillonnage d'analyse et de mesures des différents médiums (art. 28 à 34).

Durant la période minimale de trente ans, les exigences qui suivent du chapitre 2 de même que du présent guide devront également être maintenues, à savoir notamment :

- la hauteur maximale des lixiviats de 30 cm dans le SCP (art.12) de même que l'absence de lien hydraulique dans le SDF (section 3.2.7.4);
- les critères de rejet applicables aux eaux de surface et aux lixiviats (art.22) de même qu'aux gaz (art. 27);
- l'interdiction de dilution des lixiviats (art. 24);
- la vérification des installations (section 5.1.5), incluant l'efficacité et l'étanchéité des systèmes (art. 35);
- le recours à des laboratoires d'analyse accrédités (art. 34) et à la procédure de suivi des eaux souterraines (fig. 14 et art. 36);
- les mesures de suivi applicables à l'air ambiant (section 5.1.3).

De façon plus précise, à la suite de la fermeture d'un LESC, son exploitant devra :

- établir un programme de contrôle et de suivi pour les cinq années suivant la fermeture (article 41) conformément aux exigences du chapitre 2, incluant un échantillonnage annuel dans les SCL en fonction de l'annexe II du RESC;
- cinq ans après la fermeture et tous les cinq ans par la suite, transmettre un rapport de contrôle et de suivi contenant, entre autres, une réévaluation du programme, dont la liste des substances suivies (entre autres dans les SCL) qui pourra être modifiée (articles 44 et 45);
- tous les 5 ans, analyser les lixiviats dans les SCL en fonction des substances de l'annexe II ou selon les contaminants retrouvés dans les sols pour un LESC satisfaisant les exigences de l'article 2 du RESC (article 46);

- transmettre une évaluation de l'état de son LESC et, le cas échéant, de ses impacts sur l'environnement à la 29^e année (article 47);
- à la suite de cette évaluation, s'il est démontré que son LESC n'est plus susceptible de constituer une source de contamination, conformément à l'article 43, il sera relevé de ses obligations postfermeture, sauf en ce qui a trait au maintien à l'intégrité du recouvrement (art. 39) de même qu'à la vérification des installations (section 5.1.5, art.18 et 35).
- dans le cas contraire, les exigences mentionnées précédemment continueront de s'appliquer (art. 47).

6. INFORMATIONS À FOURNIR AU MDDEP

6.1 Général

Que ce soit par l'entremise d'une demande assujettie aux articles 22 et 31 de la LQE ou dans le cadre de l'implantation ainsi que de la modification des aménagements dans un LESC déjà autorisé, les informations qui suivent devront être fournies au MDDEP.

6.2 Sélection et investigation du terrain

Un rapport permettant de démontrer l'atteinte des objectifs liés au processus de sélection et d'investigation du terrain devra être fourni.

Une preuve de consultations effectuées auprès des organismes municipaux, si elle est requise, devra être incluse dans le rapport.

Tous les documents (photos, rapports, études, cartes, lettres, etc.), méthodes, essais, normes, résultats, données, calculs, ayant servi aux études de terrain (préliminaire ou exhaustive) devront également être inclus dans le rapport.

De même, tous les points de mesure *in situ*, la stratigraphie et le contexte hydrogéologique du terrain devront y être représentés en coupe et en plan.

6.3 Conception

Un rapport faisant état de chacun des aspects qui ont été considérés lors de la conception d'une cellule ou de toute installation complémentaire devra être également fourni.

Tous les documents (rapports, études, publications, communications, etc.), principes, essais, normes, résultats, données, calculs, ayant servi à la conception devront être inclus dans le rapport. La source de toutes ces informations et l'identification de toutes méthodes de calcul devront également être fournies.

6.4 Plans et devis de construction

Tous les aménagements et les travaux qui sont prévus à l'intérieur du LESC devront être représentés à l'aide de plans ainsi que des coupes et être décrits avec précision dans un devis de construction.

6.5 Programme de contrôle et d'assurance qualité (CQ/AQ) des matériaux

L'objet, la fréquence, les exigences de contrôle et d'assurance qualité ainsi que l'identification des méthodes et des essais relatifs à tous les matériaux utilisés pour l'aménagement d'un LESC devront être inclus dans un programme de CQ/AQ.

6.6 Programme de contrôle et de suivi du LESC

L'emplacement des points de contrôle et de suivi, l'objet, la fréquence, les exigences, les méthodes ou essais utilisés lors du contrôle et du suivi du LESC devront tous être inclus dans un programme de contrôle et de suivi du LESC.

6.7 Engagement au niveau des bruits

Le promoteur devra fournir un engagement relativement au respect des niveaux de bruit maximaux permis selon le zonage et la période de la journée.

6.8 Rapport et plans tels que construits

Conformément à l'article 37 du RESC, un rapport des activités de surveillance lors de l'exécution des travaux d'aménagement et de recouvrement final des LESC doit être transmis au MDDEP dès qu'ils sont respectivement complétés.

Ce rapport devra notamment contenir tous les documents produits en lien avec la réalisation du programme de CQ/AQ des matériaux, de même que des plans tels que construits.

7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ¹ Alther, G. R. 1983. « The methylene blue test for bentonite liner quality control », *Geotechnical Testing Journal* 6(3), p. 133-143.
- ² American Society for Testing Material. C837-09, *Standard Test Method for Methylene Blue Index of Clay*.
- ³ American Society for Testing Material. D422-63 (2007), *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*.
- ⁴ American Society for Testing Material. D5093-02, *Standard Test Method for Field Measurement of Infiltration Rate Using a Double-Ring Infiltrometer with a Sealed-Inner Ring*.
- ⁵ American Society for Testing Material. D5101-01, *Standard Test Method for Measuring the Soil-Geotextile System Clogging Potential by the Gradient Ratio*.
- ⁶ American Society for Testing Material. D5299-99 (2005), *Decommissioning of Ground Water Wells, Vadose Zone Monitoring Devices, Boreholes, and Other Devices for Environmental Activities*.
- ⁷ American Society for Testing Material. D5321-02, *Standard Test Method for Determining the Coefficient of Soil and Geosynthetic or Geosynthetic and Geosynthetic Friction by the Direct Shear Method*.
- ⁸ American Society for Testing Material. D-5390-06, *Standard test method for swell index of clay mineral component of Geosynthetic Clay Liners*.
- ⁹ American Society for Testing Material. D5514-06 *Standard Test Method for Large Scale Hydrostatic Puncture Testing of Geosynthetics*.
- ¹⁰ American Society for Testing Material. D5641-94 (2001) e1, *Standard Practice for Geomembrane Seam Evaluation by Vacuum Chamber*.
- ¹¹ American Society for Testing Material. D5819-05, *Standard guide for Selecting Test Methods for Experimental Evaluation of Geosynthetic Durability*.
- ¹² American Society for Testing Material. D5820-95 (2001) e1, *Standard Practice for Pressurized Air Channel Evaluation of Dual Seamed Geomembranes*.
- ¹³ American Society for Testing Material. D5891 – 02 (2009), *Standard Test Method for Fluid Loss of Clay Component of Geosynthetic Clay Liners*.
- ¹⁴ American Society for Testing Material. D6391-99 (2004), *Standard Test Method for Field Measurement of Hydraulic Conductivity Limits of Porous Materials Using Two Stages of Infiltration from a Borehole*.
- ¹⁵ American Society for Testing Material. D6392-99, *Standard Test Method for Determining the Integrity of Nonreinforced Geomembrane Seams Produced Using Thermo-Fusion Methods*.
- ¹⁶ American Society for Testing Material. D6747-02 e1, *Standard Guide for Selection of Techniques for Electrical Detection of Potential Leak Paths in Geomembrane*.

- 17 American Society for Testing Material. D6910-09, *Standard Test Method for Marsh Funnel viscosity of Clay Construction Slurries*.
- 18 Benson, C. H., D. E. Daniel et G. P. Boutwell. 1999. « Field performance of compacted clay liners », *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 125(5), p. 390-403.
- 19 Bouazza, A., Zornberg, J.G., et Adams, D. 2002. *Geosynthetics in Waste Containment Facilities: Recent Advances. Proceedings of the 7th International Conference on Geosynthetics*, Nice, France, V. 2, p. 445-507
- 20 Bouazza, A. 2002. « Geosynthetic Clay liners review article », *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 20, p. 3-17
- 21 Cabot, L. et J. P. Lebihan. 1993. « Quelques propriétés d'une argile sur la "ligne optimale de compactage" », *Revue canadienne de géotechnique*, 30(6), p. 1033-1040.
- 22 Daniel, D. E., et R. M. Koerner. 2007. *Waste containment facilities Guidance for construction quality assurance and construction quality control of liner and cover systems*. American society of Civil Engineers, 352 p.
- 23 Eigenbrod, K. D. 2003. « Self-healing in fractured fine-grained soil », *Revue canadienne de géotechnique*, 40(2), p. 435-449.
- 24 Foose, J. G., H. C. Benson et B. E. Tuncer. 2002. « Comparison of solute transport in three composite liners », *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 128(5), p. 391-403.
- 25 Geosynthetic Institute. GRI test method GM 13, juin 2009. *Standard Specification for « Test Methods, Test Properties and Testing Frequency for High Density Polyethylene (HDPE) Smooth and Textured Geomembranes »*. <http://www.geosynthetic-institute.org>.
- 26 Geo-slope International Ltd. Slope/W, *Slope stability analysis software*. <http://www.geo-slope.com/>.
- 27 Giroud, J. P., et R. Bonaparte. 1989. « Leakage through Liners constructed with Geomembranes – part I. Geomembranes liners », *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 8, p. 27-67.
- 28 Giroud, J. P., et R. Bonaparte. 1989. « Leakage through Liners constructed with Geomembranes – part II. Composite liners », *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 8, p. 71-111.
- 29 Giroud, J. P., R. Bonaparte, J. F. Beech et A. Gross. 1990. « Design of soil layer-geosynthetic systems overlying voids », *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 9, n° 1, p. 11-50.
- 30 Giroud, J. P., N. D. Williams, T. Pelte et J. F. Beech. 1995, « Stability of Geosynthetic-Soil Layered Systems on Slopes », *Geosynthetics International*, vol. 2, n° 6, p. 1115-1148.
- 31 Giroud, J. P., R.C. Bachus et R. Bonaparte. 1995, « Influence of Water Flow on the Stability of Geosynthetic-Soil Layered Systems on Slopes », *Geosynthetics International*, vol. 2, n° 6, p. 1149-1180.
- 32 Giroud, J. P., et M. F. Houlinan. 1995. *Design of leachate collection layer*, Proceeding Sardinia 95, Fifth international landfill symposium, Cagliari, Italie, p. 613-614.

- ³³ Giroud, J. P., J. G. Zornberg et A. Zhao. 2000. « Hydraulic design of geosynthetic and granular liquid collection layers », *Geosynthetics International*, Special issue on liquid collection systems, vol. 7, n° 4-6, p. 285-380.
- ³⁴ Giroud, J. P., A. Zhao, H. M. Tomlinson et J. G. Zornberg. 2004. « Liquid flow equation for drainage systems composed of two layers including a geocomposite », *Geosynthetics International*, vol. 11, n° 1, p. 43-58.
- ³⁵ Katsumi, T., C. H. Benson, G. J. Foose et M. Kamon. 2001. « Performance-based design of landfill liners », *Engineering Geology* (60), p. 139-148.
- ³⁶ Kavazanjian, E., N. Dixon, T. Katsumi, A. Kortegast, P. Legg et H. Zanzinger. 2006. *Geosynthetic barriers for environmental protection at landfills*. Proceeding of the eight international conference on geosynthetics, Yokohama, Japon, p. 121-152.
- ³⁷ Koerner, R. M., 2005. *Overview of Geosynthetic Clay Liners*. Designing with geosynthetics book chapter, p. 59-62.
- ³⁸ Lunne, T., P. K. Robertson et J. J. Powell. 1997. *Cone Penetration testing in Geotechnical practice*, Blackie Academic & Professional, 312 p.
- ³⁹ Lutenegro, A. J., et D. J. DeGroot. 1995. « Techniques for sealing cone penetrometer holes », *Revue canadienne de géotechnique*, vol. 32, p. 1033-1040.
- ⁴⁰ Manassero, M., C. Benson et A. Bouazza. 2000. *Solid waste containment systems*. Proceedings International Conference on Geotechnical & Geological Engineering, Melbourne 1: 520-642.
- ⁴¹ Ministère de l'Environnement du Québec. 1995. *Guide d'implantation et de gestion des lieux d'enfouissement sécuritaire*.
- ⁴² Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 2008-2011. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*, cahiers 1 à 8. <http://www.mddep.gouv.qc.ca>.
- ⁴³ Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs. 1997. *Règlement sur les matières dangereuses*.
- ⁴⁴ Ministère de l'Environnement du Québec. 1999. *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*.
- ⁴⁵ Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 2001. *Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés*.
- ⁴⁶ Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 2003. *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains*.
- ⁴⁷ Ministère de l'Environnement du Québec. 2003 *Guide de caractérisation des terrains*.
- ⁴⁸ Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 2008. *Guide technique de suivi de la qualité des eaux souterraines*. <http://www.mddep.gouv.qc.ca>.
- ⁴⁹ Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 2005. *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique*. <http://www.mddep.gouv.qc.ca>.

- ⁵⁰ Ministère des transports du Québec, *Logiciel de dimensionnement des chaussées souples*. <http://www.mtq.gouv.qc.ca>.
- ⁵¹ Mlynarek. 1998. *Designing Geotextile Filters*, Part 1 : soil filtration. Proceedings of the 51th annual conference of the Canadian Geotechnical Society.
- ⁵² Mlynarek. 1998. *Designing Geotextile Filters*, Part 2 : leachate filtration. Proceedings of the 51th annual conference of the Canadian Geotechnical Society.
- ⁵³ Najero, D. B., R. M. Koerner et R. F. Wilson-Farmy. 1996. « Puncture protection of geomembranes, Part II : Experimental », *Geosynthetics International*, 3(5), p. 629-653.
- ⁵⁴ Rowe, R. K. 1998a. *Geosynthetics and the minimization of contaminant migration through barrier systems beneath solid waste*. Proceeding of the sixth international conference on geosynthetics, Atlanta, É.-U., p. 27-102.
- ⁵⁵ Rocscience Inc. *Slide 2D limit equilibrium slope stability analysis*. <http://www.rocscience.com>.
- ⁵⁶ Sharma, H. D., et L. P. Sangeeta. 1994. *Chap 8, Liner systems for landfill and surface impoundments*, Waste containment systems, Waste stabilization, and landfills design evaluation. John Wiley and Sons, p. 406-415.
- ⁵⁷ US Environmental Protection Agency. 1999. *Compendium of the methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air-second edition*, EPA/625/R-96/010b.
- ⁵⁸ US Environmental Protection Agency. 2003. *Guidance for Obtaining Representative Laboratory Analytical Subsamples from particulate Laboratory Samples*, EPA/600/R-03/027.

Annexe 1

Procédure d'évaluation et de gestion des fractions grossières

ÉVALUATION ET GESTION DE DIFFÉRENTES FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES

Mise en contexte

Le présent document s'adresse principalement aux chargés de dossiers travaillant dans les directions régionales du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et aux consultants en caractérisation et en réhabilitation de terrains contaminés.

Dans un contexte de caractérisation et de gestion de remblais, la mise en place de mesures de réduction de volume peut être avantageuse par exemple en vue de séparer les sols et autres matériaux naturels des matières résiduelles ou de séparer des matières résiduelles valorisables de celles qui n'ont pas de valeur.

Le plus souvent, la réduction des volumes s'effectuera à l'aide d'équipements permettant la séparation des diverses composantes du remblai en fonction de leur granulométrie.

Lorsque les matériaux sont excavés, voici des indications sur la caractérisation et la gestion des fractions obtenues. La valeur de 2 mm a été choisie parce que l'analyse des sols est généralement effectuée sur la fraction plus petite que 2 mm. Quant au 50 mm, c'est généralement la taille maximale des échantillons sur lesquels on effectue des analyses de routine. Des granulométries différentes peuvent être acceptées au cas par cas.

Prélèvement, identification et dénombrement des matériaux naturels et des matières résiduelles

La dilution des matériaux naturels ou des matières résiduelles préalablement à leur dénombrement ou à leur analyse est interdite.

Des échantillons représentatifs seront prélevés et on suivra les prescriptions des cahiers 5 ou 8 du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*. Le volume à prélever dépend de la granulométrie et de l'hétérogénéité des constituants à échantillonner. De ce volume, une fraction sera prélevée pour identification, dénombrement et analyses.

L'identification et le dénombrement servent à évaluer le pourcentage de sol et de matières résiduelles. Pour l'identification et le dénombrement, on pourra l'apprécier visuellement sur le terrain ou en laboratoire avec un microscope optique ou utiliser, en l'adaptant, la méthode d'essai LC 21-901, « Détermination de la composition d'un matériau recyclé contenant des résidus d'enrobé et de béton de ciment ». Cette méthode permet de déterminer, en séparant manuellement les particules, le pourcentage des constituants d'un matériau. On adapte la norme simplement en changeant les noms des catégories de constituants. Pour l'identification et le dénombrement en laboratoire, la personne choisie travaille dans un laboratoire spécialisé dans les analyses physiques des sols et des granulats et elle est habilitée à reconnaître des sols et des matières résiduelles.

Dans tous les cas, l'identification devrait cibler les matériaux naturels (argile, silt, sable, gravier, cailloux, blocs, pierre concassée), les matières résiduelles granulaires (béton, mâchefer, scories...), les résidus solides non compatibles et les matières résiduelles suspectées dangereuses au sens du Règlement sur les matières dangereuses.

Les résidus solides non compatibles correspondent à des déchets n'ayant pas de valeur à titre de matériaux de construction granulaires. Il s'agit principalement de bois, métal (sauf l'armature du béton s'il ne dépasse pas de chaque morceau), plastiques, polymères, plâtre, carton, papier et autres déchets putrescibles.

S'il y a des quantités quantifiables de matières dangereuses ou de matériaux assimilés à des matières dangereuses ou si des matériaux exhibent une caractéristique de dangerosité au sens du RMD, les matériaux visés par le RMD doivent être gérés conformément à ce règlement.

Préparation des échantillons

En général, la contamination d'intérêt d'un point de vue environnemental se retrouve en surface des matériaux naturels. C'est pourquoi on ne broie pas ces matériaux. De même, si un concassage est prévu pour gérer ces matériaux, les analyses sont effectuées avant le concassage.

En revanche, on postule que, pour les matières résiduelles, la contamination d'intérêt peut se retrouver aussi bien en surface qu'à l'intérieur des matériaux.

Conditions particulières à la valorisation des matières résiduelles

La valorisation implique que le matériau respecte les qualités requises pour l'usage auquel il est destiné. Le présent document ne couvre que les exigences environnementales.

La valorisation fait partie d'un projet dont la réalisation est en cours ou d'un projet concret ayant un potentiel de réalisation à court terme.

Les matières résiduelles ne seront pas mélangées aux sols naturels en place afin de faciliter leur identification et leur éventuel réemploi. Le remblai est le plus souvent recouvert.

On s'assure également que les matériaux sont exempts de matières résiduelles dangereuses, c'est-à-dire que le matériau ne doit pas contenir de quantité quantifiable de matière dangereuse, exhiber une caractéristique de dangerosité même s'il en est exclu en vertu de l'article 2 du RMD ou être assimilé à une matière dangereuse au sens du Règlement sur les matières dangereuses.

De plus, les matériaux contiennent moins de 1 % de résidus solides non compatibles. Ce critère est adapté d'une exigence du ministère des Transports. Pour la vérifier, on peut utiliser la norme LC 21-260, « Granulats, détermination de la teneur en impuretés d'un matériau recyclé ». Il est à noter que le verre, la brique et la céramique ne sont pas inclus dans les résidus solides non compatibles.

I- Fraction <2 mm

a) S'il s'agit de matières résiduelles seules ou d'un mélange avec des matériaux naturels où les matières résiduelles sont majoritaires (> 50 %), lors d'activités de valorisation comme remblai sur des terrains, les matériaux sont analysés comme des sols et les critères génériques de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (PPSRTC) s'appliquent. Sur une base générique, on assume que l'exposition des récepteurs aux contaminants organiques ou inorganiques présents dans la fraction < 2 mm des remblais est similaire à l'exposition qu'on obtiendrait avec un sol. Consultez la *Grille intérimaire de gestion des sols contaminés excavés* ainsi que le *Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction*. Dans le cas d'une valorisation sur le terrain contaminé de l'établissement industriel, l'utilisation comme remblai par surélévation à des fins de construction est possible et le remblai est le plus souvent recouvert. Pour cet usage sur le terrain contaminé de l'établissement industriel, le critère de carbone organique total de 1 % ne s'applique pas. Pour une valorisation sur tout terrain, les concentrations des contaminants organiques sont inférieures aux limites analytiques de quantification.

- b) S'il s'agit de matériaux naturels ou d'un mélange non séparable par des méthodes usuelles de matériaux naturels et de matières résiduelles où les matériaux naturels sont majoritaires (> 50 %), les principaux modes de gestion sont :
- le traitement des sols contaminés in situ, sur le site ou hors site;
 - l'utilisation aux conditions prévues dans la Grille intérimaire de gestion des sols contaminés excavés;
 - l'excavation et l'élimination hors site dans un lieu autorisé et selon les conditions prévues par le Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés (RESC). Vérifiez notamment la limite de 25 % en matières résiduelles selon une appréciation visuelle ou en adaptant la méthode LC 21-901 si elle est applicable. L'excavation et l'élimination sur le même terrain dans un endroit aménagé en fonction des exigences du RESC;
 - les mesures de confinement de contrôle et de suivi selon la procédure d'évaluation des risques spécifiques.
- c) Une autre possibilité consiste à éliminer les matières résiduelles ou un mélange non séparable par des méthodes usuelles de matériaux naturels et de matières résiduelles où les matières résiduelles sont majoritaires (> 50 %). Il s'agit d'abord de vérifier s'il s'agit de matières résiduelles assimilées à des matières dangereuses ou ayant une ou des caractéristiques de dangerosité au sens de l'article 3 du Règlement sur les matières dangereuses (RMD). Les méthodes d'analyse sont celles qui sont prescrites par l'article 18 (consultez également le site Internet du CEAEQ qui est accessible par le site du MDDEP) et on pourra vérifier les exclusions listées à l'article 2 du RMD. Les matériaux sont éliminés hors site dans un lieu autorisé pour les déchets solides, les matériaux secs ou les matières dangereuses résiduelles, selon le cas.

II- Fraction 2-50 mm

Un schéma est annexé afin d'illustrer l'évaluation et la gestion des fractions supérieures à 2 mm.

- a) S'il s'agit de matériaux naturels ou d'un mélange non séparable par des méthodes usuelles (le plus souvent par tamisage à sec) de matériaux naturels et de matières résiduelles où les matériaux naturels sont majoritaires (>50 %), on peut utiliser la procédure décrite à la section 4.3.4 du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*, cahier 5, *Échantillonnage des sols*, lorsque l'on soupçonne une contamination de nature organique ou inorganique.

Si la fraction supérieure à 5 mm représente plus de 80 % ou, à l'inverse, si la fraction inférieure à 5 mm représente moins de 20 %, l'analyse est effectuée sans broyage sur la fraction 2-50 mm. Si la fraction supérieure à 5 mm représente moins de 80 % ou, à l'inverse, si la fraction inférieure à 5 mm représente plus de 20 %, l'analyse est effectuée sans broyage sur la fraction 2-5 mm, c'est-à-dire que la fraction 2-50 mm est gérée sur la base des résultats obtenus avec la fraction 2-5 mm.

Dans cette situation, on compare les résultats aux critères de la PPSRTC et les modes de gestion ont déjà été présentés à la section b) portant sur la fraction < 2 mm. On trouvera des détails supplémentaires à la section 3.3.4 (granulats naturels) du *Guide de bonnes pratiques - La gestion des matériaux de démantèlement*.

- b) Qu'il s'agisse de matériaux naturels, de matières résiduelles ou d'un mélange en toute proportion, lorsque l'on soupçonne une contamination inorganique et que ces matériaux ne sont pas friables, une autre possibilité consiste à appliquer tous les tests de lixiviation du *Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de*

construction. Les résultats des tests de lixiviation sont comparés aux critères de mobilité. Dans le cas d'une valorisation sur le terrain contaminé de l'établissement industriel, l'utilisation comme remblai par surélévation à des fins de construction est possible et le remblai est le plus souvent recouvert. Pour cet usage sur le terrain contaminé de l'établissement industriel, le critère de carbone organique total de 1 % ne s'applique pas. Toujours pour cet usage, les critères B ou C de la PPSRTC s'appliquent pour les contaminants organiques en autant que le terrain de l'établissement industriel ait la même contamination. Pour une valorisation sur tout terrain, les concentrations des contaminants organiques sont inférieures aux limites analytiques de quantification, à l'exception de l'incorporation dans le bitume.

Lorsque les matières résiduelles sont constituées de résidus de béton et de matériaux naturels mélangés à ces derniers, pour la valorisation dans des infrastructures routières, le critère C est applicable aux hydrocarbures pétroliers ainsi qu'aux contaminants organiques normalement présents dans les hydrocarbures pétroliers. La valorisation des granulats d'enrobés bitumineux ou d'un mélange contenant des enrobés bitumineux est privilégiée dans des infrastructures routières. Consultez la norme NQ 2560-600/2002, « Matériaux recyclés fabriqués à partir de résidus de béton, d'enrobés bitumineux et de briques – Classification et caractéristiques ».

De plus, il est à noter que le tamisage et l'utilisation d'électroaimants permettent la séparation et la valorisation de la ferraille.

- c) L'élimination d'un mélange contenant majoritairement (> 50 %) des matières résiduelles est encadrée de la façon décrite dans la section c) portant sur la fraction < 2 mm.

III- Fraction >50 mm

Le schéma annexé illustre l'évaluation et la gestion des fractions supérieures à 2 mm.

Les méthodes usuelles de laboratoire ne sont pas applicables aux matériaux très grossiers. La règle générale veut que les matériaux admis pour analyses soient ceux dont la dimension n'excède pas celle du col d'un pot d'échantillonnage, c'est-à-dire environ 50 mm. De plus, les frottis ne sont pas réalisables à cause notamment de l'impossibilité de mesurer des surfaces irrégulières de façon précise.

- a) Si l'élimination est choisie et s'il s'agit de matériaux naturels ou d'un mélange non séparable par des méthodes usuelles (le plus souvent par tamisage à sec) de matériaux naturels et de matières résiduelles où les matériaux naturels sont majoritaires (> 50 %), on recommande de vérifier visuellement la présence d'une couche de sols potentiellement contaminés sur la surface des matériaux > 50 mm. Si une telle couche de sols est présente ou si les matériaux sont visiblement tachés ou souillés par des matières autres que du sol, il est possible de les éliminer dans un lieu visé par le Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés s'il y a moins de 25 % de matières résiduelles (selon une appréciation visuelle ou en adaptant la méthode d'essai LC 21-901, « Détermination de la composition d'un matériau recyclé contenant des résidus d'enrobé et de béton de ciment ») et s'il ne s'agit pas de pierre concassée naturelle. Cette option d'élimination est aussi possible mais non privilégiée pour des matériaux qui ne sont pas couverts par une couche de sols potentiellement contaminés ou qui ne sont pas tachés ou souillés. Compte tenu de la granulométrie des matériaux en question, il est impossible de vérifier le respect des valeurs limites du RESC sans effectuer un broyage et un broyage n'est pas recommandé pour des matériaux naturels.

L'élimination d'un mélange contenant majoritairement des matières résiduelles est encadrée de la façon décrite dans la section c) portant sur la fraction < 2 mm. Un broyage sera requis pour réaliser les analyses.

- b) Si la valorisation est choisie, les fragments ne devraient généralement pas dépasser 125 mm (cette dimension provient de la norme BNQ sur les granulats recyclés, norme NQ 2560-600/2002 et elle a été reprise dans le projet du *Guide de bonnes pratiques - La gestion des matériaux de démantèlement*).

S'il s'agit de matériaux naturels ou d'un mélange non séparable par des méthodes usuelles (le plus souvent par tamisage à sec) de matériaux naturels et de matières résiduelles où les matériaux naturels sont majoritaires (> 50 %), on recommande de vérifier visuellement la présence d'une couche de sols potentiellement contaminés sur la surface des matériaux > 50 mm. Si une telle couche de sols est présente ou si les matériaux sont visiblement tachés ou souillés par des matières autres que du sol, on recommande un lavage de façon à retirer les taches, les souillures ou la couche de sol à la surface des matériaux ou à l'intérieur de ceux-ci. Pour nécessiter un lavage, à titre indicatif, la couche de sol doit avoir une épaisseur suffisamment importante pour permettre un prélèvement en vue d'une analyse. L'efficacité du lavage est vérifiée visuellement et peut être documentée en prenant des photographies. L'eau de lavage et les matériaux fins doivent être récupérés. Les matériaux > 50 mm et lavés peuvent être valorisés à des fins de construction sur le terrain contaminé de l'établissement industriel ou ailleurs, tout comme les matériaux pour lesquels un lavage n'est pas requis. D'autres usages en valorisation peuvent être autorisés au cas par cas.

Pour les matières résiduelles granulaires ou pour un mélange non séparable par des méthodes usuelles (le plus souvent par tamisage à sec) de granulats naturels et de matières résiduelles où les matières résiduelles sont majoritaires (> 50 %), on recommande d'abord un lavage si les conditions décrites précédemment sont rencontrées. On recommande ensuite l'application du *Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction* comme décrit dans la section b) portant sur la fraction 2-50 mm. Un broyage sera requis pour obtenir les fractions requises pour ces analyses.

SLCMD février 2011

Références

American Society for Testing and Materials, ASTM C 702 – *Standard practice for reducing samples of aggregate of testing size.*

Bureau de normalisation du Québec, norme NQ 2560-600/2002, 2002. *Granulats – Matériaux recyclés fabriqués à partir de résidus de béton, d'enrobés bitumineux et de briques – Classification et caractéristique.* Ce document est vendu par le BNQ. Voir www.bnq.qc.ca.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 2008-2011. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*, cahiers 1 à 8. <http://www.mddep.gouv.qc.ca>.

Ministère de l'Environnement du Québec. 2003. *Guide de caractérisation des terrains.* Ce document est vendu aux Publications du Québec. Voir www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca. On peut aussi le visualiser sur le site Internet du MDDEP

Ministère de l'Environnement du Québec. 1999. *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*, Les Publications du Québec. Ce document est vendu aux Publications du Québec. Voir www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca.

Ministère de l'Environnement du Québec. 2002. *Guide de valorisation des matières résiduelles inorganiques non dangereuses de source industrielle comme matériau de construction.* Ce document est disponible sur le site Internet du MDDEP. Voir <http://www.mddep.gouv.qc.ca>.

Ministère de l'Environnement du Québec. 2003. *Guide de bonnes pratiques - La gestion des matériaux de démantèlement.* Ce document est vendu aux Publications du Québec. Voir www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca.

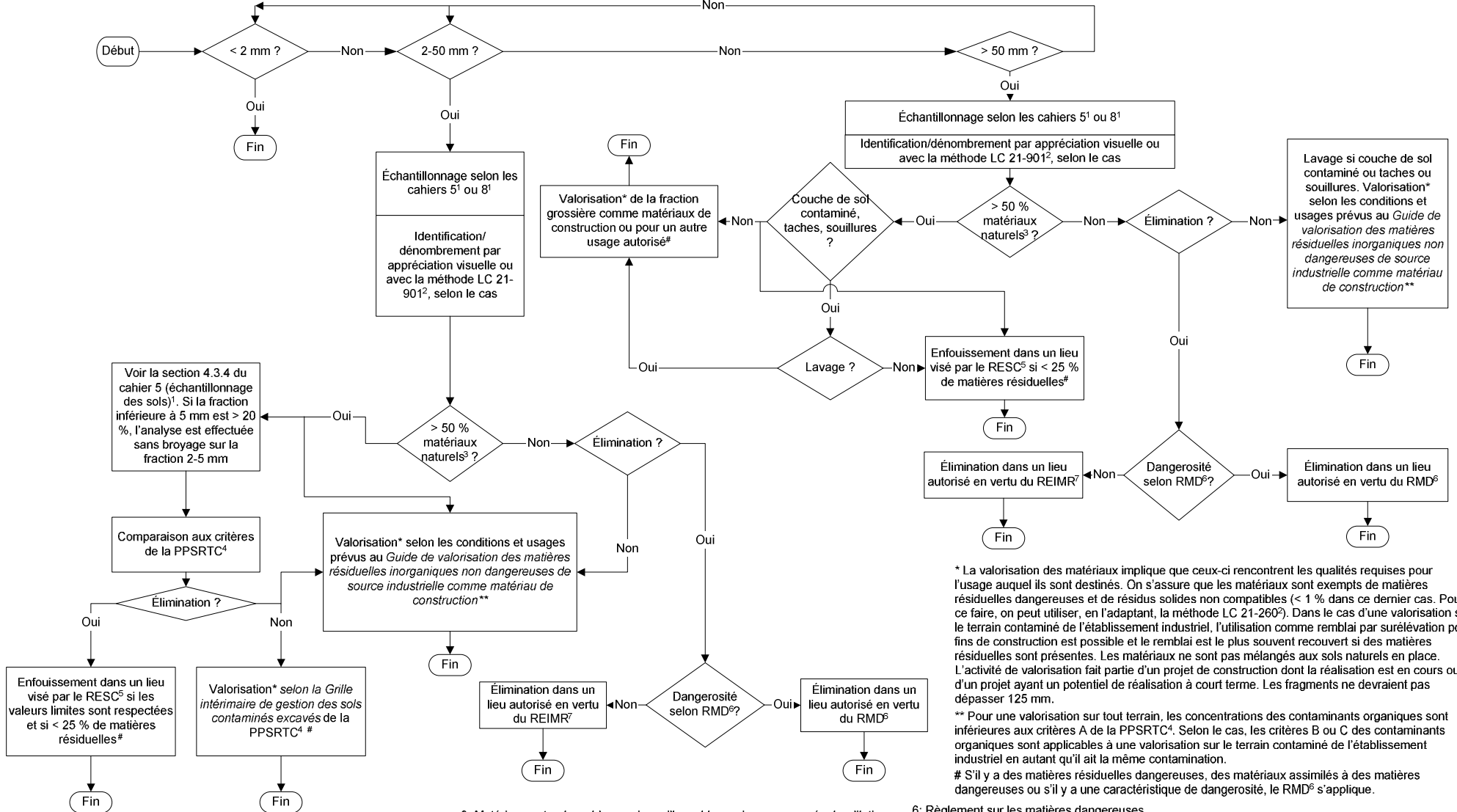
Ministère des Transports du Québec. Méthode d'essai LC 21-901, *Détermination de la composition d'un matériau recyclé contenant des résidus d'enrobé et de béton de ciment.* Ce document est vendu aux Publications du Québec. Voir www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca.

Ministère des Transports du Québec. Méthode d'essai LC 21-010, *Échantillonnage.* Ce document est vendu aux Publications du Québec. Voir www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca.

Ministère des Transports du Québec. Méthode d'essai LC 26-010, *Réduction en laboratoire d'échantillons en vue d'essais.* Ce document est vendu aux Publications du Québec. Voir www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca.

Ministère des Transports du Québec. Méthode d'essai LC 21-260, *Granulats, détermination de la teneur en impuretés d'un matériau recyclé.* Ce document est vendu aux Publications du Québec. Voir www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca.

Évaluation et gestion des fractions grossières



1: MENV, Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahiers 5 et 8, Les Éditions le Griffon d'argile
 2: MTQ, méthodes LC 21-901 (Détermination de la composition d'un matériau recyclé...), LC 21-260 (Détermination de la teneur en impuretés dans un matériau recyclé)

3: Matériaux naturels: sable, gravier, cailloux, blocs, pierre concassée. La dilution des matériaux naturels ou des matières résiduelles est interdite. L'objectif est de séparer le plus possible les sols ou matériaux naturels des matières résiduelles.
 4: Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés
 5: Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés.

* La valorisation des matériaux implique que ceux-ci rencontrent les qualités requises pour l'usage auquel ils sont destinés. On s'assure que les matériaux sont exempts de matières résiduelles dangereuses et de résidus solides non compatibles (< 1 % dans ce dernier cas. Pour ce faire, on peut utiliser, en l'adaptant, la méthode LC 21-260²). Dans le cas d'une valorisation sur le terrain contaminé de l'établissement industriel, l'utilisation comme remblai par surélévation pour fins de construction est possible et le remblai est le plus souvent recouvert si des matières résiduelles sont présentes. Les matériaux ne sont pas mélangés aux sols naturels en place. L'activité de valorisation fait partie d'un projet de construction dont la réalisation est en cours ou d'un projet ayant un potentiel de réalisation à court terme. Les fragments ne devraient pas dépasser 125 mm.

** Pour une valorisation sur tout terrain, les concentrations des contaminants organiques sont inférieures aux critères A de la PPSRTC⁴. Selon le cas, les critères B ou C des contaminants organiques sont applicables à une valorisation sur le terrain contaminé de l'établissement industriel en autant qu'il ait la même contamination.

S'il y a des matières résiduelles dangereuses, des matériaux assimilés à des matières dangereuses ou s'il y a une caractéristique de dangerosité, le RMD⁶ s'applique.

6: Règlement sur les matières dangereuses

7: Règlement sur l'élimination des matières résiduelles

Annexe 2

**Procédure de sondage au piézocône lors de
l'aménagement d'un LESC**

1) Généralités

Le présent guide contient les recommandations du Service des lieux contaminés et des matières dangereuses (SLCMD) du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) concernant la réalisation d'essais au piézocône et la production de rapports de sondage par ses mandataires, lors de la caractérisation des dépôts meubles naturels, à l'intérieur d'un projet visant l'aménagement d'un lieu d'enfouissement de sols contaminés. Il s'agit d'une version modifiée du document *Exigence pour la réalisation des sondages au piézocône* du Service de la géotechnique et de la géologie du ministère des Transports du Québec adapté pour les besoins précis mentionnés précédemment.

La norme internationale S. I. M. S. T. F. 1989 : **Report of the ISSMFE technical committee on penetrations testings of soils — TC16 with reference test procedures CPT-SPT-DP-WST. Appendice A : Mode opératoire de l'essai de référence internationale pour l'essai de pénétration au cône (CPT)**, sert de référence et fait partie intégrale du présent document. Les sondages au piézocône devront respecter cette norme ainsi que les spécifications supplémentaires fournies dans la suite du texte. Lorsqu'il y a différence entre la norme internationale et les exigences énoncées dans les paragraphes suivants, ces dernières ont préséance.

2) Équipements et procédures

- **Sonde**

Le capteur de pression doit être situé sur le fût, juste derrière le cône (position u_2 , figure 1) pour permettre d'effectuer la correction sur la mesure de la résistance en pointe pour les inégalités de surface (facteur appelé « 1-a »). Ce facteur de correction doit être établi pour chaque sonde par un étalonnage statique et hydraulique dans une chambre de calibration et non pas selon les spécifications du fabricant. On doit utiliser ce facteur pour corriger les mesures de q_c en valeurs de q_t selon la formule suivante :

$$q_t = q_c + (1 - a)u_2$$

Pour chaque sonde, on devra déterminer la sensibilité des senseurs de mesure de la résistance en pointe, du frottement latéral et de la pression interstitielle aux variations de température, en kilopascals par degré Celsius. Cette information devra toujours être fournie dans chaque rapport de sondage. La dérive des signaux associée aux variations de température ne devra pas être supérieure aux exigences de précision de la norme internationale pour chaque senseur. Lorsque l'on utilise une sonde sensible aux variations de température, des précautions particulières devront être prises pour diminuer l'effet de celles-ci ou pour corriger ultérieurement les données. Dans ces cas, seule l'utilisation d'une sonde incorporant un capteur de température est acceptée.

Les éléments poreux doivent être saturés en laboratoire dans de la glycérine pure sous une cloche à vide (75 % de vide minimum) pendant une durée de deux heures. La glycérine désaérée et les éléments poreux ainsi saturés doivent être gardés dans des contenants hermétiques jusqu'à leur utilisation sur le terrain.

- **Équipement de poussée**

Le bâti de poussée doit avoir une capacité minimale de 5 tonnes (50 kN). Un système de réaction adéquat doit être utilisé au besoin pour s'assurer de bénéficier de la capacité maximale des appareils de poussée (ex. : ancrages). De plus, l'appareil de fonçage doit avoir une course d'au moins un mètre et être capable de maintenir une vitesse de pénétration constante.

La direction de fonçage ne doit pas dévier de la verticale de plus de 2 %. De plus, pour tous les sondages de plus de 15 mètres, incluant l'avant-trou, la sonde utilisée doit posséder un système de lecture continue de l'inclinaison.

La vitesse de fonçage visée doit être de 30 cm/min. Le système d'acquisition de données doit permettre une mesure précise du temps et en faire la saisie pour permettre de valider la vitesse de pénétration.

L'appareil permettant la mesure de la profondeur doit permettre des incréments de mesure de 5 mm ou moins. La profondeur totale du sondage doit être mesurée avec une précision d'au moins 10 cm. Une vérification selon la longueur des tiges foncées doit être faite à la fin du fonçage et la profondeur enregistrée par le système automatique doit être ajustée à cette mesure au besoin. L'équipement doit permettre la réalisation de trous de sondage d'au moins 50 mètres.

La valeur de la profondeur réellement foncée (mesurée selon la longueur du train de tiges utilisées) et celle qui est mesurée automatiquement par le système informatisé doivent être fournies dans le compte-rendu de l'essai. Dans le cas de disparité entre les deux valeurs, la façon dont les données ont été corrigées doit être expliquée.

La distance minimale entre le dispositif de réduction de la friction et la base du cône doit être de 500 mm.

- **Déroulement de l'essai**

L'élément poreux doit être posé sur la sonde à l'aide d'un bassin de glycérine (voir la figure 2 en annexe). Lors de cette opération, tous les conduits qui mènent au capteur de pression doivent être saturés avec de la glycérine pure désaérée². Pour éviter la désaturation de la pointe lorsque la sonde traverse les sols au-dessus de la nappe d'eau souterraine, on doit réaliser un avant-trou d'une profondeur d'au moins 1,5 mètre dans la croûte argileuse ou à travers toutes couches de matériaux pulvérulents au-dessus de la nappe avant le début du fonçage de la sonde. Les sols traversés par l'avant-trou doivent être décrits visuellement.

Les valeurs au repos de chaque senseur (*baseline*) doivent être prises en note lorsque la sonde est suspendue :

- dans une chaudière d'eau, juste avant le début de l'essai, lorsque les valeurs se sont stabilisées;
- dans le vide, juste après la sortie de la sonde du sol à la fin de l'essai;
- dans une chaudière d'eau, après la fin de l'essai, lorsque les valeurs se sont stabilisées.

Dans le massif argileux, un arrêt du fonçage, d'au plus 15 minutes, doit être réalisé pour laisser les pressions interstitielles se dissiper et se stabiliser lorsque la sonde traverse une couche de matériau drainant. Durant cet arrêt, la pression sur le train de tiges ne doit pas être relâchée et les paramètres doivent être mesurés en fonction du temps. Le nombre d'arrêts pour dissipation doit être adapté aux conditions locales en ayant pour objectif de définir un profil représentatif, dans la mesure du possible, des conditions d'eau souterraine au repos.

Un essai de dissipation, d'une durée maximale de 15 minutes, doit être réalisé à la fin de chaque fonçage lorsqu'il y a refus à la pénétration. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de maintenir la pression sur le train de tiges.

² On ne doit pas utiliser de mélange eau-glycérine. La glycérine doit être désaérée régulièrement (au moins tous les trois mois) et aussi filtrée si elle est récupérée après usage.

Puisque les arrêts de fonçage pour ajout de tige constituent de courtes dissipations, on doit enregistrer les différents paramètres en fonction du temps lors de ces arrêts.

Un nouvel élément poreux propre et saturé (voir paragraphe 2.1) doit être utilisé à chaque sondage.

3) Étalonnage, entretien et vérifications

L'étalonnage doit être fait selon l'article 7.2 de la norme internationale (de façons hydraulique et statique). Le plus récent rapport d'étalonnage doit être fourni lors de chacun des mandats.

De façon générale, on doit suivre les précautions d'usage mentionnées dans les articles 6.0 et 11.7. De plus, avant la réalisation de chaque sondage, on doit vérifier si le cône et le manchon de frottement sont en bon état. Les joints d'étanchéité entre les composantes de la sonde doivent être inspectés et nettoyés avant et après chaque sondage.

4) Présentation des résultats et rapport de sondage

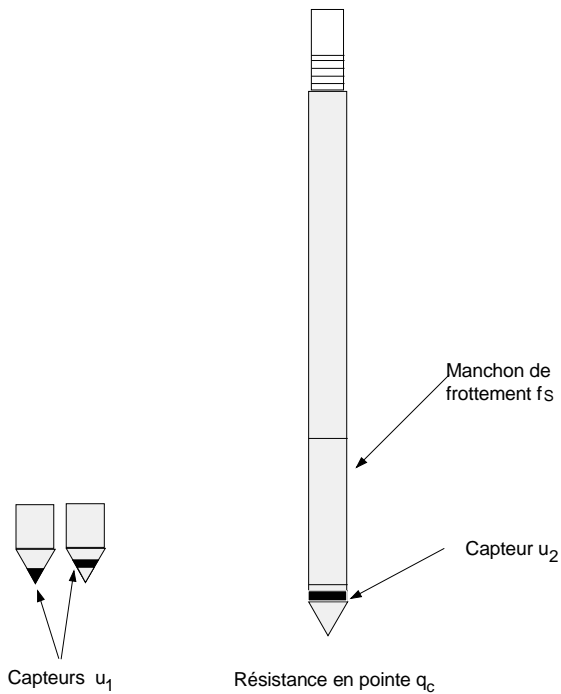
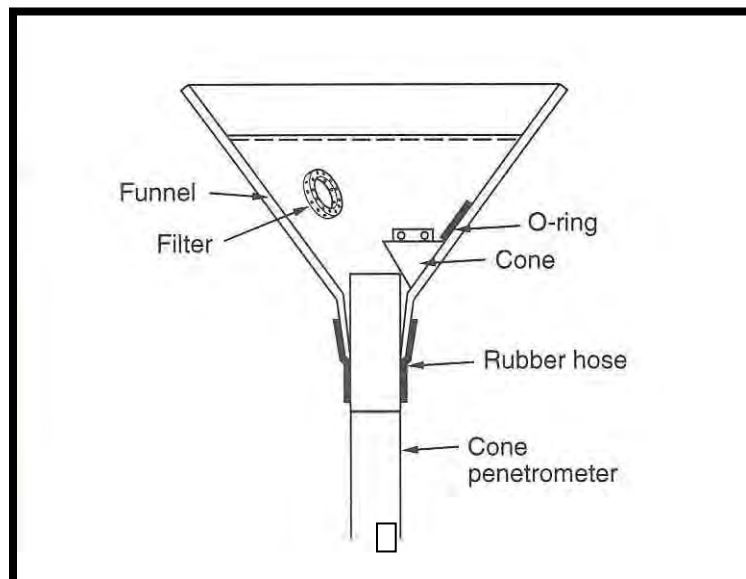
Afin d'apprécier la qualité des résultats, on doit produire pour chaque sondage un rapport contenant :

- Le formulaire complété du compte-rendu d'essai au piézocône (fourni en annexe) comprenant entre autres :
 - la situation du site et des informations d'ordre général;
 - l'équipement de poussée (dispositif de fonçage);
 - la sonde utilisée (marque, modèle et numéro de série);
 - le type de liquide de saturation utilisé;
 - la valeur du coefficient de forme « 1-a »;
 - la vitesse de fonçage;
 - l'incrément de mesure;
 - le dispositif de mesure de la profondeur (encodeur optique, magnétique ou autre);
 - le diamètre des tiges de fonçage;
 - les dimensions (longueur et diamètre) du dispositif de réduction de frottement et sa position par rapport à la sonde;
 - la capacité nominale en MPa des capteurs et pesons des sondes utilisées;
 - les constantes d'étalonnage de chaque capteur et peson déterminés par chargement statique et hydraulique, avec la date du plus récent étalonnage;
 - le dispositif d'acquisition de données;
 - la profondeur de l'avant-trou et la nature des sols traversés lors de l'avant-trou;
 - la profondeur d'arrêt (mesurée automatiquement ainsi que d'après les tiges);
 - la nature de l'arrêt (volontaire ou refus à la pénétration);
 - des informations sur la stratigraphie de l'avant-trou;
 - la profondeur et les conditions de la nappe d'eau souterraine lorsqu'elles sont connues;
 - les valeurs au repos (*baselines*) des senseurs, telles qu'elles sont mentionnées au point 2.3.
- Une présentation graphique des résultats de fonçage. On doit porter attention de toujours utiliser des échelles qui permettent d'avoir une représentation claire de l'information. Dans certains cas où un profil contient des strates présentant de forts contrastes de résistance en pointe et de frottement latéral, il pourra être nécessaire de produire un graphique supplémentaire avec des échelles appropriées aux couches les plus molles.

- Une présentation graphique des résultats de dissipation. On doit produire pour chaque sondage un graphique indépendant incluant toutes les dissipations effectuées lors de la réalisation de l'essai.
- Pour le fonçage, un fichier informatique de type ASCII donnant les paramètres suivants (en version brute telle qu'enregistrée sur le terrain et en version traitée après nettoyage des données pour éliminer les données parasites enregistrées pendant les arrêts pour ajouts de tiges) :
 - la profondeur réelle à chaque incrément de mesure;
 - le temps à chaque incrément de mesure;
 - la résistance en pointe « q_c »;
 - la résistance en pointe corrigée « q_t »;
 - le frottement latéral « f_s »;
 - la pression interstitielle mesurée à la base du cône « u_2 »;
 - l'inclinaison de la sonde « i »;
 - la température (lorsqu'elle est disponible).
- Pour chaque essai de dissipation, incluant les arrêts pour ajouts de tiges, un fichier informatique de type ASCII donnant les paramètres suivants :
 - la profondeur à chaque mesure;
 - le temps écoulé depuis l'arrêt pour dissipation, en secondes;
 - la résistance en pointe « q_c »;
 - la résistance en pointe corrigée « q_t »;
 - le frottement latéral « f_s »;
 - la pression interstitielle mesurée à la base du cône « u_2 »;
 - la température (lorsqu'elle est disponible).
- Un tableau supplémentaire donnant :
 - toutes les informations mentionnées aux points 9.1 et 9.2 de la norme internationale pour chacun des essais.

Figure 1 Nomenclature des composantes de la sonde

(FIG1.DS4)

**Figure 2 Exemple de la méthode exigée pour monter l'élément poreux et la pointe avant le début d'un essai (figure tirée de Lunne et collab., 1997).**

SLCMD Octobre 2006