



FORUM 2010

GÉOENVIRONNEMENT



Tendances, problématiques et solutions.



acle association des consultants
et laboratoires experts
Ingénierie des sols et matériaux
Géoenvironnement
Toiture et étanchéité

Des partenaires
de qualité



Échantillonnage représentatif des remblais hétérogènes



Plan de la présentation

- a) La représentativité de l'échantillonnage.
- b) Protocole d'échantillonnage.
- c) Méthode d'essais LC21-901 adaptée.
- d) Tableau illustrant les principales MR constituant des remblais hétérogènes.



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

Qu'est-ce qu'un remblai hétérogène ?

« Matériaux mis en place dans le passé pour fins d'aménagement des terrains. La **composition** de ces remblais est **très variable**. Ils peuvent être constitués d'un pourcentage variable de **sols contaminés** ou non et de **matières résiduelles** (scories, cendres, etc.) **ce qui rend leur caractérisation difficile.** »

Guide de caractérisation des terrains, MDDEP, 2003



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

Définitions

Échantillon/sous-échantillon

Sous-ensemble sélectionné dans une population préalablement définie en vue d'étudier certaines caractéristiques quantitatives ou qualitatives de la population en question. (Office québécois de la langue française)

Homogénéiser

Rendre homogène, en mélangeant les éléments (Le Nouveau Petit Robert)

Réduction

Action de ramener à une quantité plus faible, un nombre plus petit (Le Nouveau Petit Robert) (ex. réduction de la masse d'un échantillon)

Incrément

Un ajout dans une série de prélèvements réguliers visant à constituer un échantillon

Grappillage (« grab sampling »)

Action de prendre, recueillir au hasard (Le Nouveau Petit Robert)

FORUM 2010

GÉOENVIRONNEMENT



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES





LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

L'hétérogénéité des remblais complique l'échantillonnage représentatif, dont certains principes sont d'ailleurs peu appliqués

Quelle est la répercussion de cette incertitude?

- un risque de méconnaissance de la qualité environnementale de certains sols / matériaux laissés en place ou éliminés hors site
- risque de dépassements des coûts et risque de découverts financiers



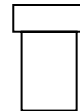
LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES



DU CHANTIER ...

Échantillonnage des remblais :
Comment préserver la représentativité ?

Pot
X g



Analyse
X mg

... AU LABORATOIRE ?



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

En ce qui concerne les sols, le guide de caractérisation mentionne qu'un protocole d'échantillonnage devrait inclure notamment:

- La réalisation préalable d'une phase I
- Une formation adéquate du personnel de chantier
- La détermination d'un maillage et du nombre d'échantillons
- Lors de l'échantillonnage, l'application des principes suivants:
 - Un échantillon distinct par type de sols
 - Un échantillon distinct pour des sols présentant des indices particuliers de contamination



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

En ce qui concerne les remblais hétérogènes, le guide de caractérisation mentionne qu'un protocole d'échantillonnage devrait inclure notamment:

- Énumération et description de chaque constituant (% , aspects, granulométrie, odeur, etc.)

Une méthode permettant de déterminer en laboratoire la proportion et le type de matière résiduelle sera résumée plus tard dans cette présentation.

- Échantillons et analyses
 - des constituants majeurs
 - des constituants fortement contaminés
- Réalisation d'essai granulochimique

Notion de représentativité: peu documentée dans les guides actuels



**PROTOCOLE ACTUEL D'ÉCHANTILLONNAGE:
PAR GRAPPILLAGE**

ÉTAPE 1 :
Pots 250 g

Tamisage 2 mm

ÉTAPE 2 :
Analyse 1 g





LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

La représentativité de l'échantillonnage :

Quel est l'impact, notamment :

- de la méthode de prélèvement ?
- du volume de l'échantillon ?
- des outils ?
- des méthodes de réduction ?
- des méthodes d'homogénéisation ?



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

La théorie de l'échantillonnage (théorie de Gy) propose des réponses:

Erreur globale d'estimation (EGE = ETE + EA)

(En termes de variances: $S^2_{EGE} = S^2_{ETE} + S^2_{EA}$)

Erreur totale d'échantillonnage (ETE)

Erreur analytique (EA)

**Il est reconnu que l'ETE produit 20 fois de variabilité que l'EA
(ex. Gy, 1996; Taylor et coll., 2004)**



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

Théorie de Gy: erreurs composant l'ETE

$$ETE = (EF + EG + ES_2 + ES_3) + (ED + EE) + EP$$

EF = Erreur fondamentale

EG = Erreur de groupement et ségrégation

ES₂ = Erreur de sélection grande portée

ES₃ = Erreur de sélection périodique

} ES₁

} ES = Erreur de sélection

} ETE

= Erreur totale d'échantillonnage

ED = Erreur de délimitation

EE = Erreur d'extraction

} EM = Erreur de matérialisation

EP = Erreur de préparation



Protocole d'échantillonnage

Quelles techniques doit-on intégrer dans un protocole d'échantillonnage afin de minimiser l'erreur totale d'échantillonnage ?



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

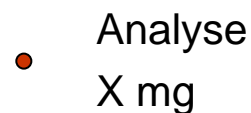
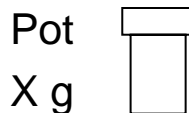
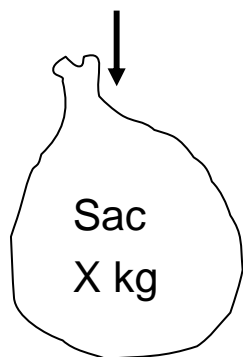
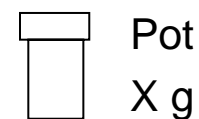
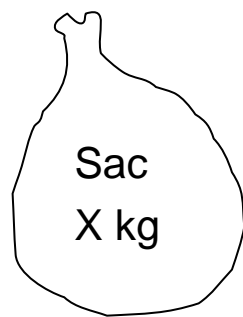
Échantillonnage par grappillage

- Méthode non souhaitable au sens de la Théorie de l'échantillonnage
- Non probabiliste, subjective, imprécise (grand biais) et peu reproductible
- Très grande erreur de ségrégation (un d'incrément)
- Très grande erreur de matérialisation
 - o Outils souvent inappropriés, ex. cuillère, spatule à fond rond, pot
 - o Délimitation inappropriée de l'incrément, ex. prélèvement sur le dessus
- Mais... cette méthode est la plus utilisée dans l'échantillonnage environnemental!





Un protocole d'échantillonnage des remblais hétérogènes devrait donc être constitué de diverses phases



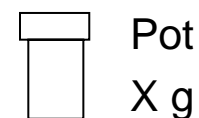
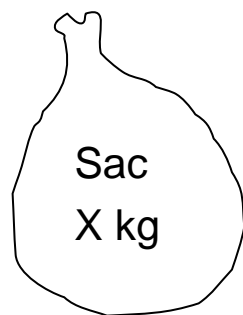
Échantillonnage: primaire

secondaire

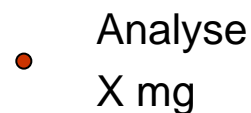
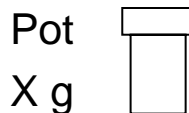
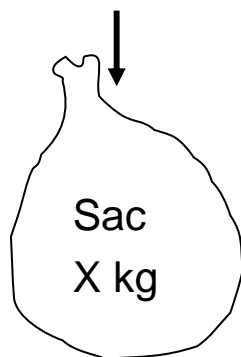
tertiaire



Un protocole d'échantillonnage des remblais hétérogènes devrait donc être **défini par :**



- **Le volume requis**
- **Les outils requis**
- **Les méthodes de prélèvement**
- **Les méthodes de réduction et d'homogénéisation**



Échantillonnage: primaire

secondaire

tertiaire

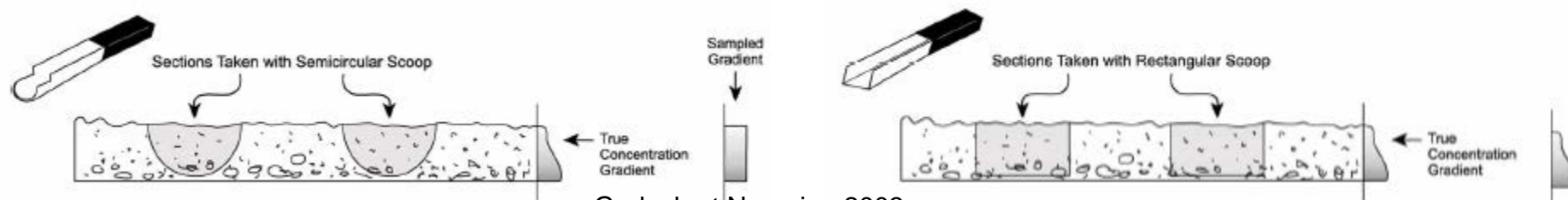
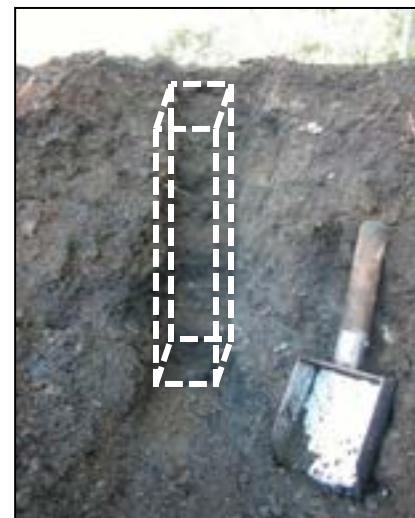


LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

Protocole d'échantillonnage Prélèvement échantillonnage primaire

- Tranchées d'exploration au lieu de forages (bien connu)
- Échantillonnage vertical complet d'une couche
- Favoriser échantillonneur rectangulaire

Incrément vertical prélevé en pile



Gerlach et Nocerino 2003



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

Protocole d'échantillonnage

Prélèvement échantillonnage primaire

(suite)

- Réalisation d'échantillons composites constitués de plusieurs incréments
- Prélèvement d'un échantillon dont la masse est proportionnelle au diamètre





LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

Protocole d'échantillonnage

Coefficient de variation (CV) (%) vs Masse d'échantillon (M_s)
(estimés théoriques à l'aide de la Théorie de Gy)

	Concentration réelle du contaminant de 1000 ppm			
	Masse d'échantillon 250 g		Masse d'échantillon 1 g	
d_{max} (cm)	CV (%)	Variation possible de la concentration (ppm)	CV (%)	Variation possible de la concentration (ppm)
0.22	12	880 – 1 120	190	0 – 2 900
0.37	26	740 – 1 260	410	0 – 5 100
0.47	37	630 – 1 370	590	0 – 6 900
0.8	83	170 – 1830	--	--
2.5	460	0 – 5 600	--	--



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

Protocole d'échantillonnage

Masse d'échantillon (M_s) vs variabilité (variance relative) (S^2_{EF})
(estimés théoriques avec la Théorie de Gy pour concentration de 1000 ppm)

d_{max} (cm)	MASSE DE L'ÉCHANTILLON (kg)	
	Coefficient de variation de 20%	Coefficient de variation de 40%
0.22	0.09	0.02
0.37	0.43	0.11
0.47	0.88	0.22
0.8	4.3	1.1
2.5	130	33



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

Protocole d'échantillonnage

Comment rendre compatible un échantillon de chantier avec une démarche analytique de laboratoire tout en maintenant l'intégrité de la représentativité ?

Par des étapes d'échantillonnage additionnelles dont la représentativité est contrôlée



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

Protocole d'échantillonnage

Prélèvement échantillonnage
secondaire

Réduction

(de préférence en chantier)



Réduction de masse de l'échantillon primaire par pelletage fractionné

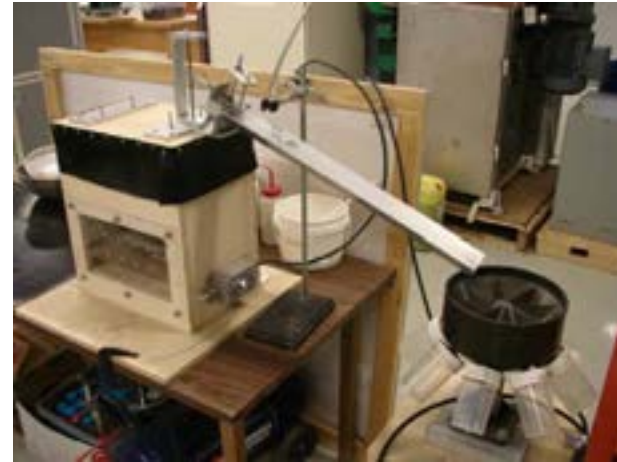


LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

Protocole d'échantillonnage

Prélèvement échantillonnage tertiaire

- Tamisage
- Réduction en laboratoire
- Homogénéisation finale
 - broyage pour les métaux selon les besoins en homogénéisation supplémentaire
- Constitution de l'échantillon acheminé au laboratoire





LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

Protocole d'échantillonnage

- **Bénéfices**
 - Réduire significativement l'erreur d'échantillonnage et par conséquent l'incertitude sur la qualité environnementale d'un remblai et des coûts associés
- **Implications**
 - Augmentation des coûts de caractérisation
 - Augmentation du temps en chantier
 - Manutention d'échantillons plus lourds
 - Équipements supplémentaires requis



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

Protocole d'échantillonnage

Exemple d'application d'un protocole d'échantillonnage encadrant le prélèvement :

Travaux réalisés par l'ETS et Qualitas





CARACTÉRISTIQUES DU PROJET DE DÉMONSTRATION (RÉALISÉ PAR L'ÉTS ET QUALITAS)

OBJECTIF :

Comparer la variabilité des résultats de 2 PROTOCOLES d'échantillonnage :

- approche conventionnelle (par grapillage)
- protocole alternatif basé sur la théorie d'échantillonnage

SITE :

- Terrain situé au centre-ville de Montréal
- Superficie de 28 m par 46 m
- Remblai : 1,8 m d'épaisseur
- Contamination mixte (métaux, HAP, HP)





PROJET DE DÉMONSTRATION (RÉALISÉ PAR L'ÉTS ET QUALITAS)

OBJECTIF : Comparer la représentativité (reproductibilité)
de 2 procédures d'échantillonnage

Procédure alternative
d'échantillonnage
(basée sur la Théorie de Gy)

VS

Procédure conventionnelle
d'échantillonnage
(par grappillage)

Remblai urbain (centre-ville de Montréal): environ 1,8 m d'épaisseur
Présence de matières résiduelles (débris de démolition, résidus
d'incinération, etc.)

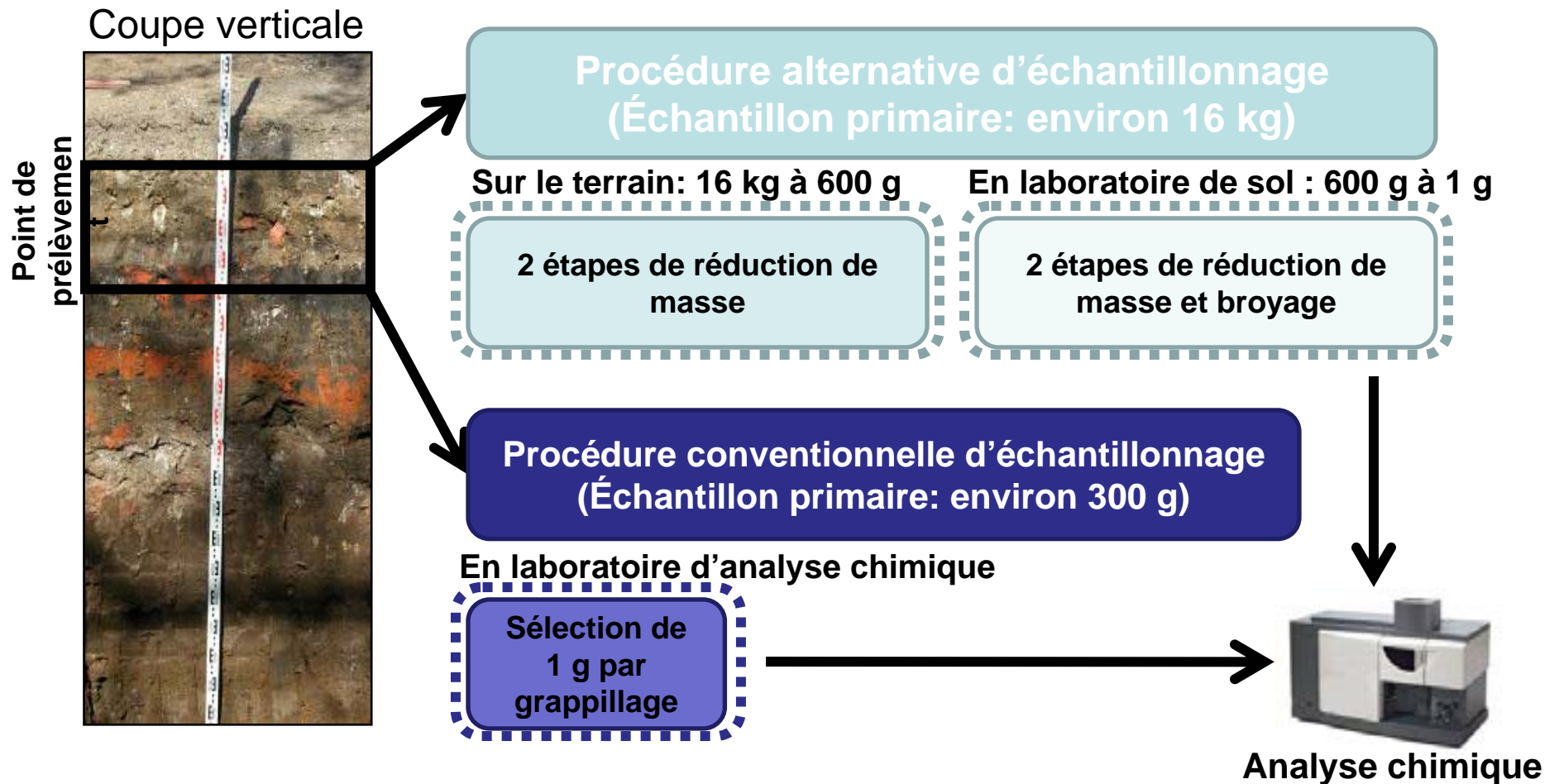
Dans le cadre du projet de recherche: Analyse en MÉTAUX seulement





PROJET DE DÉMONSTRATION (RÉALISÉ PAR L'ÉTS ET QUALITAS)

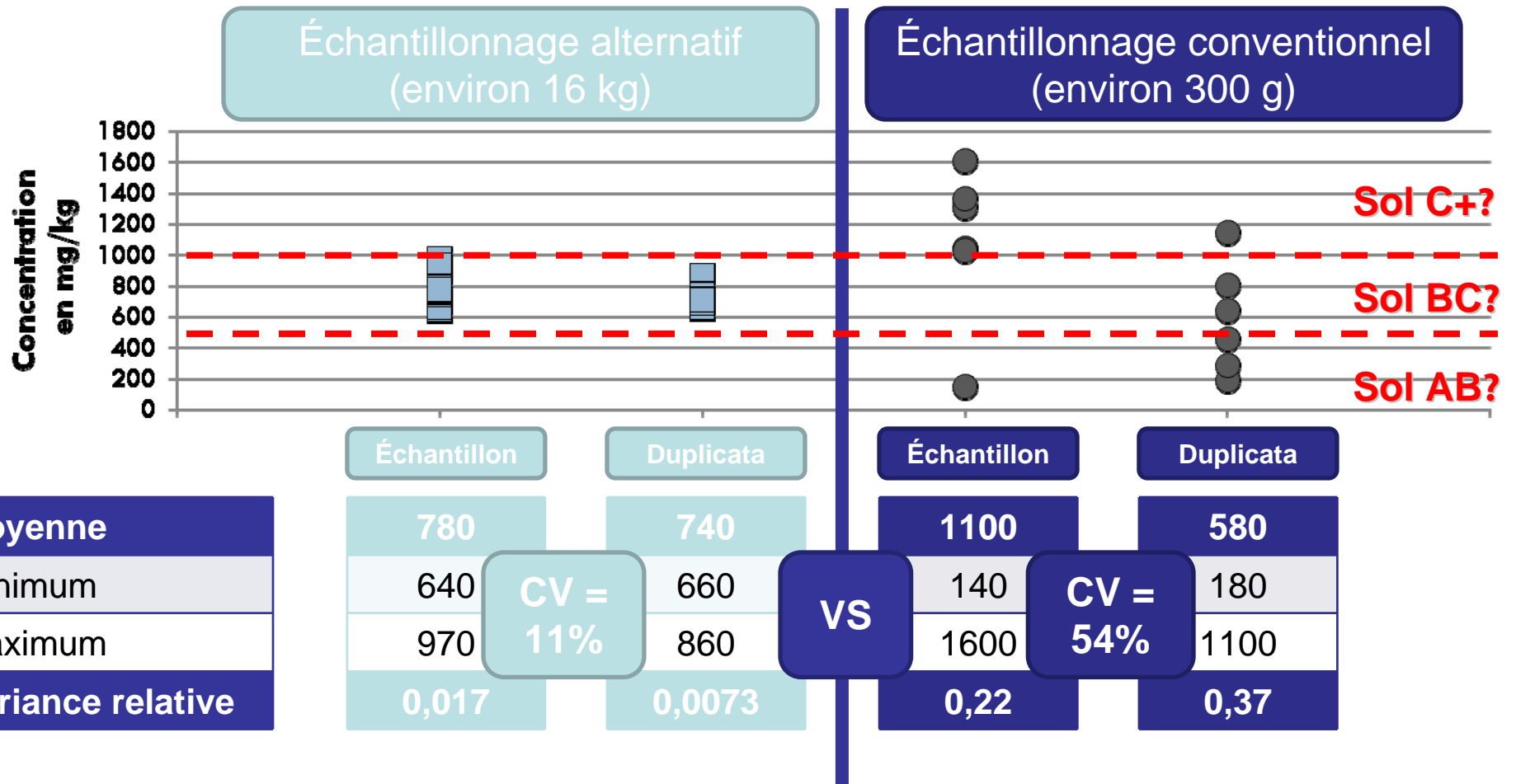
Procédure répétée à 12 points de prélèvement + duplicatas à chaque étape





PROJET DE DÉMONSTRATION (RÉALISÉ PAR L'ÉTS ET QUALITAS)

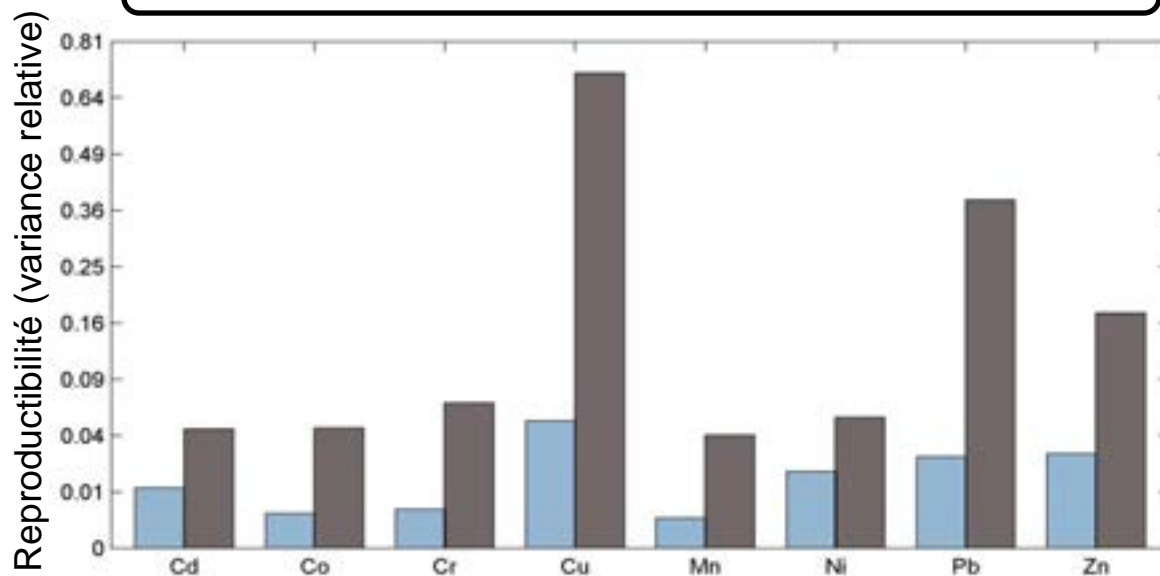
Exemple: Résultats pour le Plomb à un même point de prélèvement





PROJET DE DÉMONSTRATION (RÉALISÉ PAR L'ÉTS ET QUALITAS)

Comparaison pour l'ensemble des métaux



Échantillonnage alternatif

Échantillonnage conventionnel

Ratio de la reproductibilité

3,9

12

14

14

15

2,9

14

6,2

$\frac{s^2(\text{conventionnel})}{s^2(\text{alternatif})}$

Gain en reproductibilité (représentativité) = 10 par rapport à l'échantillonnage conventionnel



Méthode d'essai LC-21-901 adaptée



- Parfois il est difficile d'évaluer visuellement au chantier le pourcentage de matières résiduelles présentes dans un remblai.
- Des méthodes de laboratoire permettent de confirmer le pourcentage de matières résiduelles, dont par exemple la méthode d'essai LC-21-901 du MTQ (coût: environ 150 \$/échantillon selon le Guide de l'ACLE)

FORUM 2010

GÉOENVIRONNEMENT



58 % MR



47 % MR



BUTS de la méthode:

- Déterminer la nature de l'échantillon (**matières résiduelles versus sol**) en tenant compte des proportions des constituants. Sols = $< 50\%$ MR après ségrégation (PPSRTC page 55)
- Déterminer le lieu d'élimination d'un sol contaminé : **enfouissement si $< 25\%$ MR (RESC)**



BUTS de la méthode (suite):

- Déterminer la conformité des sols (% MR et leur nature) identifiés (caractérisation ou réhabilitation) en fonction d'un devis spécifique.
- Adapter le programme d'analyses en fonction du type de matériaux rencontrés.



MÉTHODOLOGIE

- Retour sur la notion de représentativité
- Tamiser **tout l'échantillon** et séparer en six classes granulométriques entre 2,5 à 112 mm
- Déterminer les pourcentages relatifs des fractions granulométriques.

Exemple

Tableau 1

Masse de l'échantillon (Méthode d'essai LC-21-010)

	Grosseur nominale maximale du matériau (mm)	Masse minimale de l'échantillon à prélever (kg)
Granulat fin	2,5	10
	5	10
	14	15
Gros granulat	20	25
	28	25
	40	50
	56	75
	80	100
	112	200



Échantillon avant tamisage





Tamis : 5 mm



FORUM 2010

GÉOENVIRONNEMENT



Tamis : 10 mm





Tamis : 14 mm



FORUM 2010

GÉOENVIRONNEMENT



Tamis : 20 mm

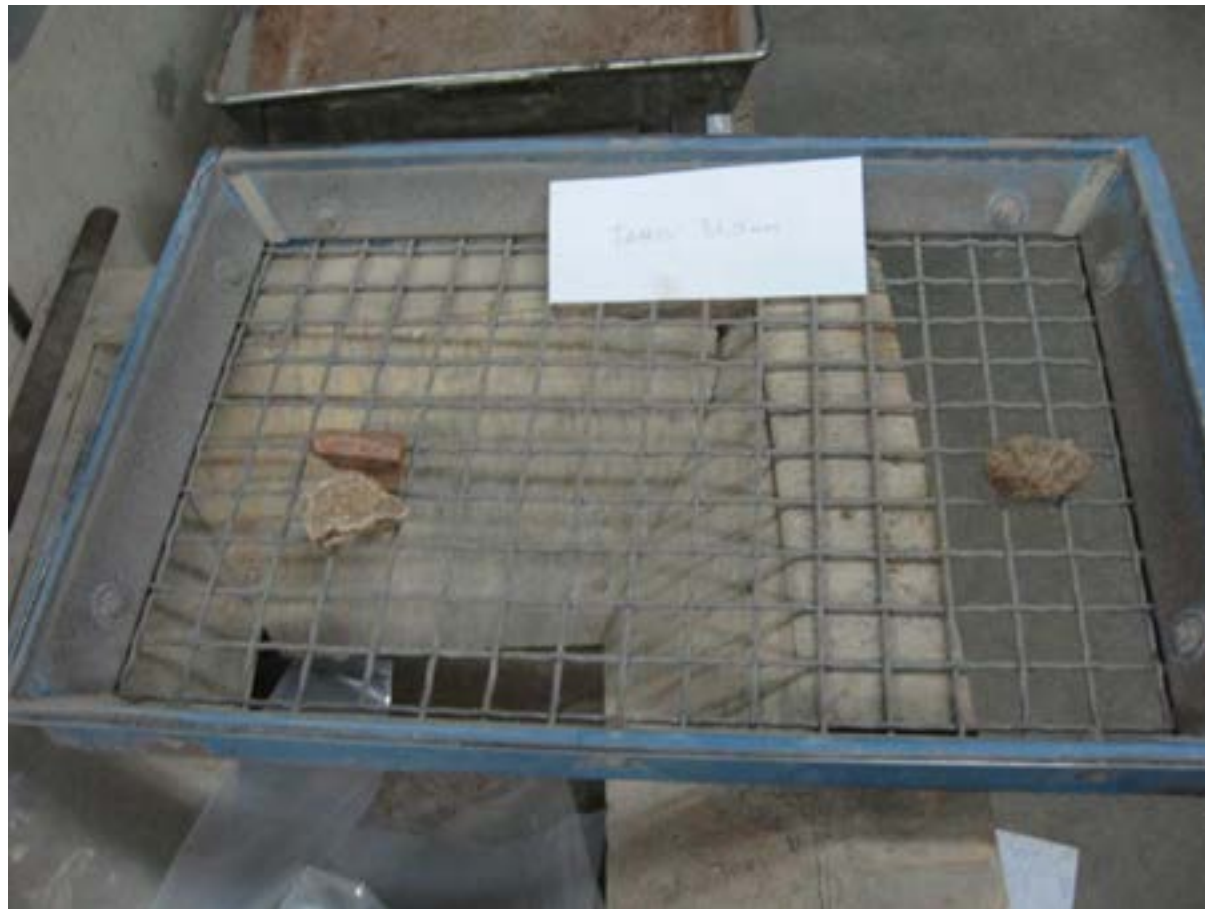


FORUM 2010

GÉOENVIRONNEMENT



Tamis : 31,5 mm





Tamis : 40 mm





4. En fonction de la grosseur maximale des particules, réduire l'échantillon pour respecter les exigences de la norme

Tableau 1 (Méthode d'essai LC-21-901)

Masse minimale de la prise de l'essai

Grosseur
max. des
particules

Masse minimale de la prise d'essai par fractions

	2,5-5 m_0	5-10 m_1	10-20 m_2	20-31,5 m_3	31,5-56 m_4	56-112 m_5
31,5	30 g	200g	500g	1000g		
56					3000g	
112						8000g



5. Identifier visuellement et classer les particules en fonction de leur **nature** ou simplement sous la catégorie **matières résiduelles**
6. Évaluer le % poids relatif de chacune des fractions et des catégories ou de matières résiduelles
7. Calculer le % des matières résiduelles en fonction de la masse de l'ensemble du matériau



Tableau 3 (Méthode d'essai LC-21-901 adaptée)

Exemple

Fraction (mm)	Masse retenue individuelle (g)	% relatif de la fraction dans les matériaux	Masse de la fraction soumise à l'essai (g)	catégories	
				MR masse(g)	GN masse(g)
2,5-5	878,0	16,6	31	19	12
5-10	1201,0	22,7	230	37	193
10-20	1167,0	22,1	513	179	334
20-31,5	1006,0	19,0	1006	316	690
31,5-56	1032,0	19,5	1032	1032	0
56-112	0,0	0,0	0	0	0
Total	5284,0	100,0	2812	1583	1229

Fraction en mm

MR: matières résiduelles

GN: granulats naturels



- Pourcentage de matières résiduelles :

$$P_{2,5-5} X(m_{0MR}/m_0) + (P_{5-10} X(m_{1MR}/m_1)) + (P_{10-20} X(m_{2MR}/m_2)) + \\ (P_{20-31,5} X(m_{3MR}/m_3)) + (P_{31,5-56} X(m_{4MR}/m_4)) + (P_{2,5-5} X(m_{5MR}/m_5))$$

Exemple:



$$16,6\% X (19/31,3) + 22,7\% X (37/230) + 22,1\% X (179/513) \\ + 19\% X (316/1006) + 19,5\%(1032/1032)= \mathbf{47\% MR}$$



Tableau illustrant les
principales MR
constituant des remblais
hétérogènes





PRINCIPALES MATIÈRES RÉSIDUELLES CONSTITUANTS DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

<i>MATIÈRES RÉSIDUELLES / ANALYSES CHIMIQUES</i>	<i>DÉFINITION</i>	<i>PHOTO</i>
<p style="text-align: center;">CENDRES</p>	<p>Matières résiduelles solides demeurant après qu'une matière ait été fortement chauffée ou brûlée.</p>	
<p style="text-align: center;">SABLES DE FONDERIES *</p> <p>*Attention aux mélanges possibles</p>	<p>Matériaux servant à la fabrication de moules de fonderie : ces moules sont détruits lorsqu'on veut récupérer la pièce qui y a été coulée.</p>	
<p>Note : 1. La méthode de caractérisation : si le remblai contient plus que 50 % de matières résiduelles il faut faire les analyses chimiques selon le RMD et les gérer selon les différents guides. Si le remblai contient moins de 50 % de matières résiduelles, il faut les gérer selon la politique et les différents guides.</p> <p style="padding-left: 40px;">2. La méthode de gestion peut être soit : l'élimination dans un site autorisé ou l'évaluation des risques.</p> <p style="padding-left: 40px;">3. Les métaux suivants ont été identifiés par le COREM (2002) lors d'une étude portant sur les matières résiduelles. Certains de ces métaux ne font pas partie de la Politique ou réglementation.</p> <p style="padding-left: 40px;">- Ar, Ba, Br, Cd, Cu, Cr, F, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, U, V, Zn, Zr.</p>		



PRINCIPALES MATIÈRES RÉSIDUELLES CONSTITUANTS DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

<i>MATIÈRES RÉSIDUELLES / ANALYSES CHIMIQUES</i>	<i>DÉFINITION</i>	<i>PHOTO</i>
<p style="text-align: center;">SCORIES MÉTALLURGIQUES</p>	<p>Matières résiduelles provenant des fondants ou des minerais ou de la ferraille en fusion.</p>	
<p style="text-align: center;">SCORIES DE BOUILLOIRES</p>	<p>Matières résiduelles provenant de la combustion de la houille.</p>	

Note : 1. La méthode de caractérisation : si le remblai contient plus que 50 % de matières résiduelles il faut faire les analyses chimiques selon le RMD et les gérer selon les différents guides. Si le remblai contient moins de 50 % de matières résiduelles, il faut les gérer selon la politique et les différents guides.



2. La méthode de gestion peut être soit : l'élimination dans un site autorisé ou l'évaluation des risques.

3. Les métaux suivants ont été identifiés par le COREM (2002) lors d'une étude portant sur les matières résiduelles. Certains de ces métaux ne font pas partie de la Politique ou réglementation.

- Ar, Ba, Br, Cd, Cu, Cr, F, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, U, V, Zn, Zr.



PRINCIPALES MATIÈRES RÉSIDUELLES CONSTITUANTS DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

<i>MATIÈRES RÉSIDUELLES / ANALYSES CHIMIQUES</i>	<i>DÉFINITION</i>	<i>PHOTO</i>
MÂCHEFERS	Résidus de l'incinération d'ordures ménagères.	
HOUILLE OU CHARBON	Combustible solide noir, d'origine végétale et contenant une grande quantité de carbone.	

Note : 1. La méthode de caractérisation : si le remblai contient plus que 50 % de matières résiduelles il faut faire les analyses chimiques selon le RMD et les gérer selon les différents guides. Si le remblai contient moins de 50 % de matières résiduelles, il faut les gérer selon la politique et les différents guides.

2. La méthode de gestion peut être soit : l'élimination dans un site autorisé ou l'évaluation des risques.

3. Les métaux suivants ont été identifiés par le COREM (2002) lors d'une étude portant sur les matières résiduelles. Certains de ces métaux ne font pas partie de la Politique ou réglementation.

- Ar, Ba, Br, Cd, Cu, Cr, F, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, U, V, Zn, Zr.



LISTE DES REPRÉSENTANTS

- Guy Châteauneuf, représentant / Inspec-Sol inc.
- Guylaine Martel, représentante / Labos Shermont
- Hugues Ouellette / MDDEP
- Frédéric Girard / LVM-Technisol inc.
- Diane Bouchard / Ville de Québec
- Josée Samson / Ville de Montréal
- Éric Hardy / Qualitas Quéformat
- Jean-Sébastien Dubé / ETS
- Alain St-Pierre / LVM-Technisol inc.



- Dessau inc.
- Exova
- Groupe Qualitas inc.
- Inspec-Sol inc.
- Maxxam Analytique
- Les consultants en environnement Progestech inc.
- Les Laboratoires Shermont inc.
- Mission HGE inc.
- Solution Eau Air Sol (EAS)

FORUM 2010
GÉOENVIRONNEMENT

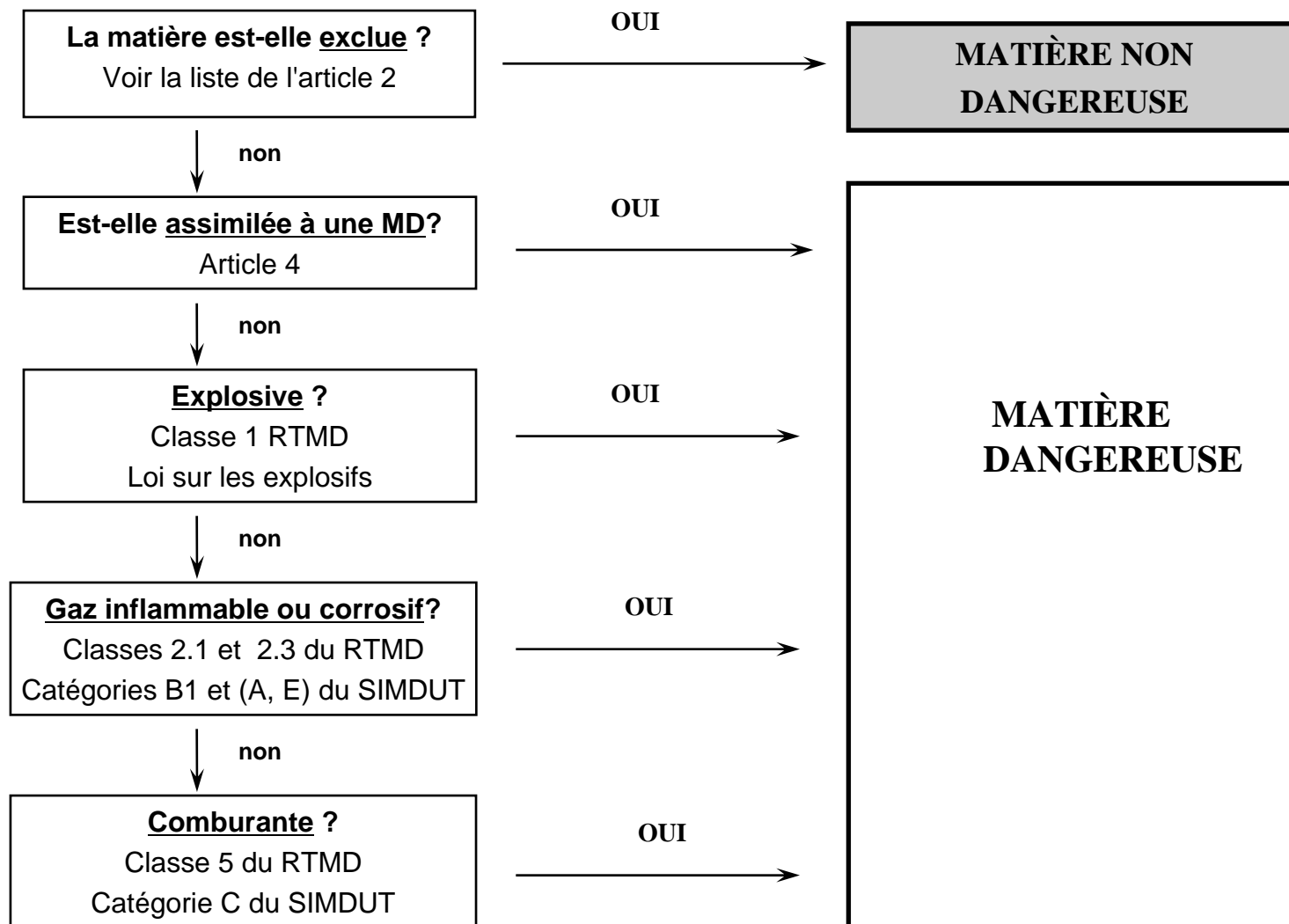


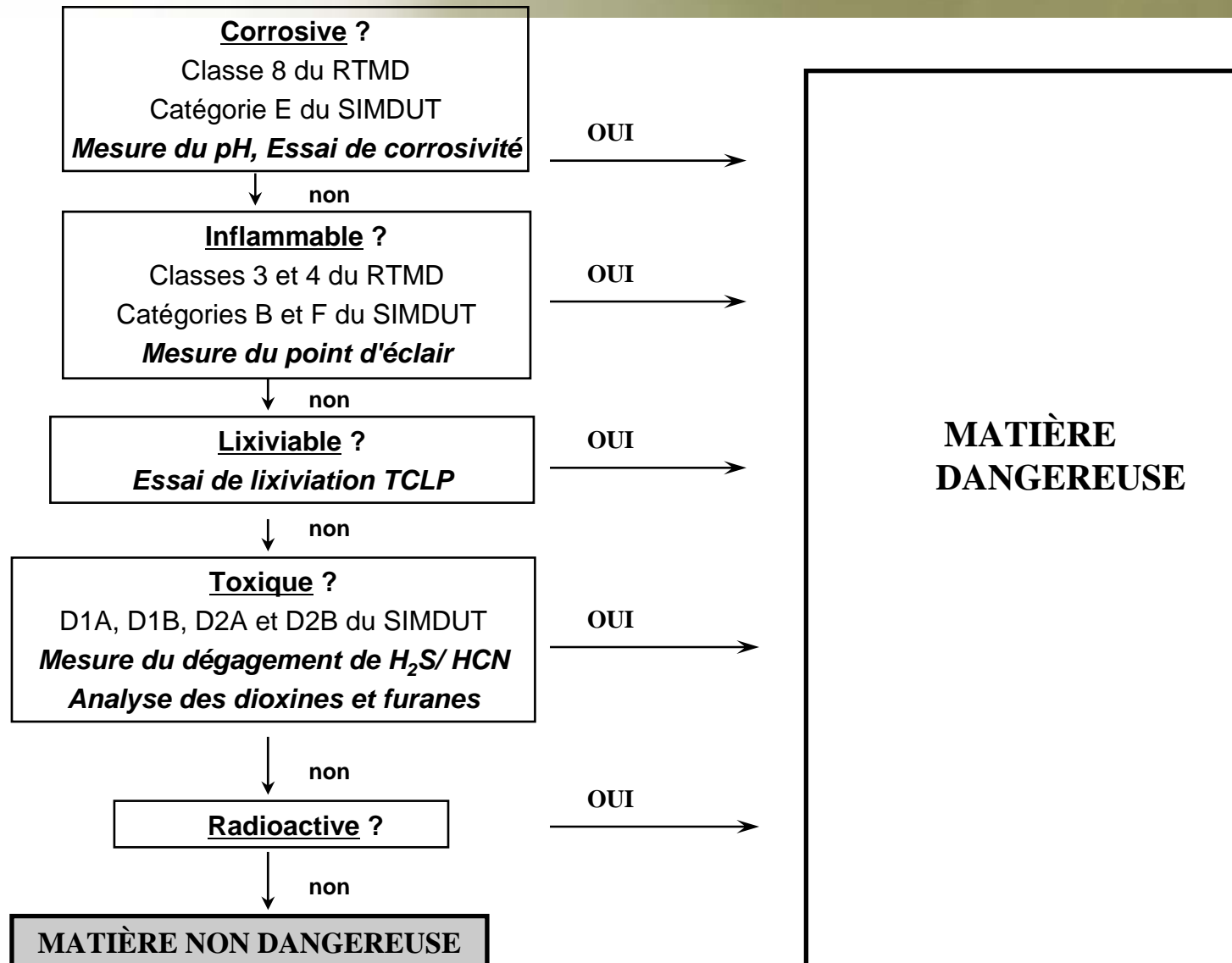
*Merci de votre
présence!*

FORUM 2010
GÉOENVIRONNEMENT



DIAPOS EN BANQUE





Étapes permettant de déterminer si une matière est une matière dangereuse



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

- FE = Erreur fondamentale
 - Erreur intrinsèque à la matrice
 - Ne peut être éliminée mais uniquement minimisée
 - Cette erreur peut être réduite:
 - En augmentant le volume (masse) de l'échantillon
 - En réduisant le diamètre des particules (broyage)

FE = Erreur fondamentale

GE = Erreur de groupement et ségrégation

CE₂ = Erreur de fluctuation grande portée

CE₃ = Erreur de fluctuation périodique

} **CE₁**

} **CE = Erreur de sélection**

} **SE = Erreur d'échantillonnage**

DE = Erreur de délimitation

EE = Erreur d'extraction

} **ME = Erreur de matérialisation**

PE = Erreur de préparation



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

GE = Erreur de groupement et de ségrégation

- Erreur associée à la distribution, souvent causée par la gravité
- Cette erreur peut être réduite par:
 - o Une combinaison de plusieurs échantillons composites
 - o Une homogénéisation et une réduction de masse adéquates

FE = Erreur fondamentale

GE = Erreur de groupement et ségrégation

CE2 = Erreur de fluctuation grande portée

CE3 = Erreur de fluctuation périodique

} **CE₁**

} **CE = Erreur de sélection**

} **SE**

= Erreur d'échantillonnage

DE = Erreur de délimitation

EE = Erreur d'extraction

} **ME = Erreur de matérialisation**

PE = Erreur de préparation



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

CE2 peut être pris en considération avec l'aide d'outils statistiques et géostatistiques (non discuté dans cette présentation)

CE3 est supposé négligeable pour les remblais hétérogènes dans le cadre présent (hypothèse de contaminants peu mobiles)

FE = Erreur fondamentale

GE = Erreur de groupement et ségrégation

CE₂ = Erreur de fluctuation grande portée

CE₃ = Erreur de fluctuation périodique

} CE1

} CE = Erreur de sélection

} SE

= Erreur d'échantillonnage

DE = Erreur de délimitation

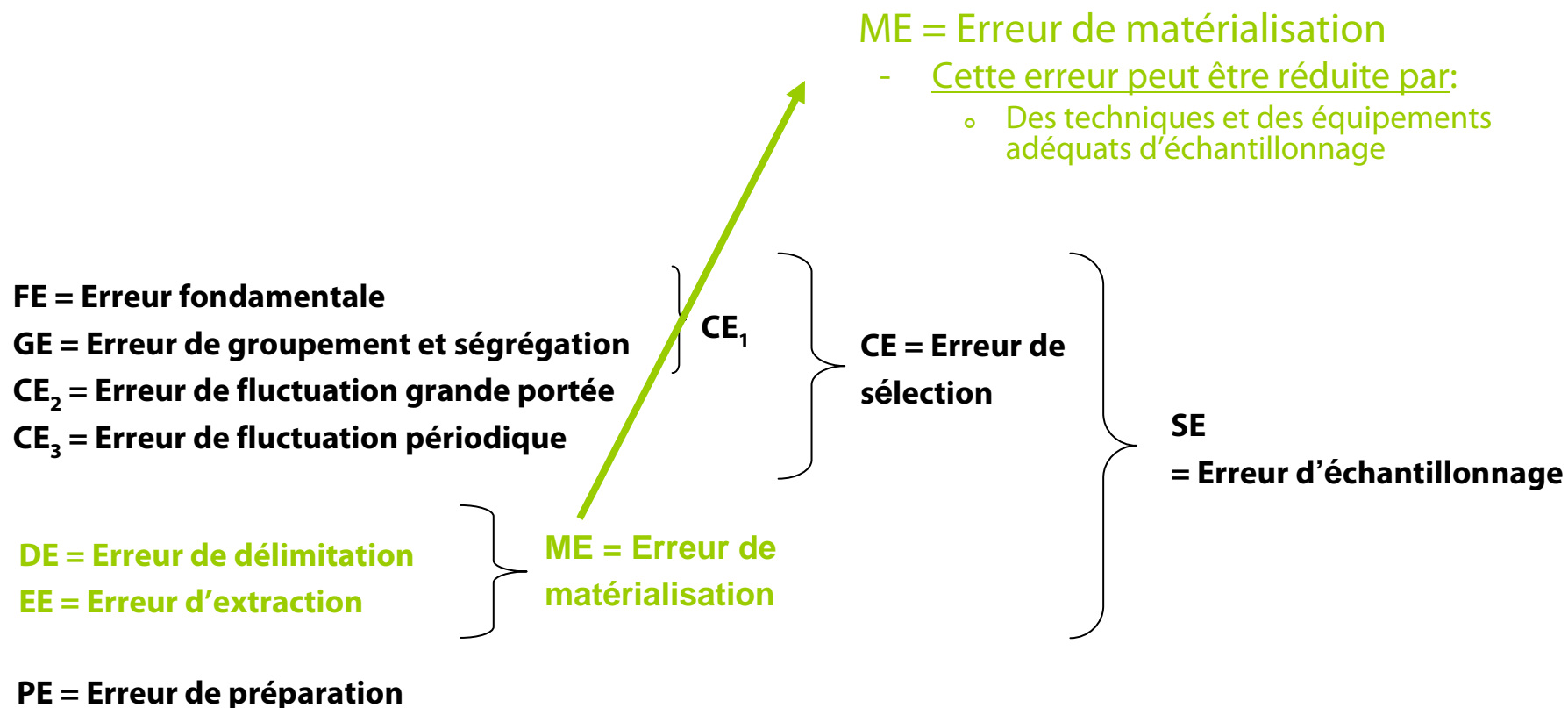
EE = Erreur d'extraction

} ME = Erreur de matérialisation

PE = Erreur de préparation



LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES





LA GESTION ENVIRONNEMENTALE DES REMBLAIS HÉTÉROGÈNES

PE (nettoyage, identification, conservation, etc.) supposé négligeable si une démarche diligente est employée

FE = Erreur fondamentale

GE = Erreur de groupement et ségrégation

CE₂ = Erreur de fluctuation grande portée

CE₃ = Erreur de fluctuation périodique

} **CE₁**

} **CE = Erreur de sélection**

} **SE**

= Erreur d'échantillonnage

DE = Erreur de délimitation

EE = Erreur d'extraction

} **ME = Erreur de matérialisation**

PE = Erreur de préparation

