

Focus 4 : Matériaux d'excavation

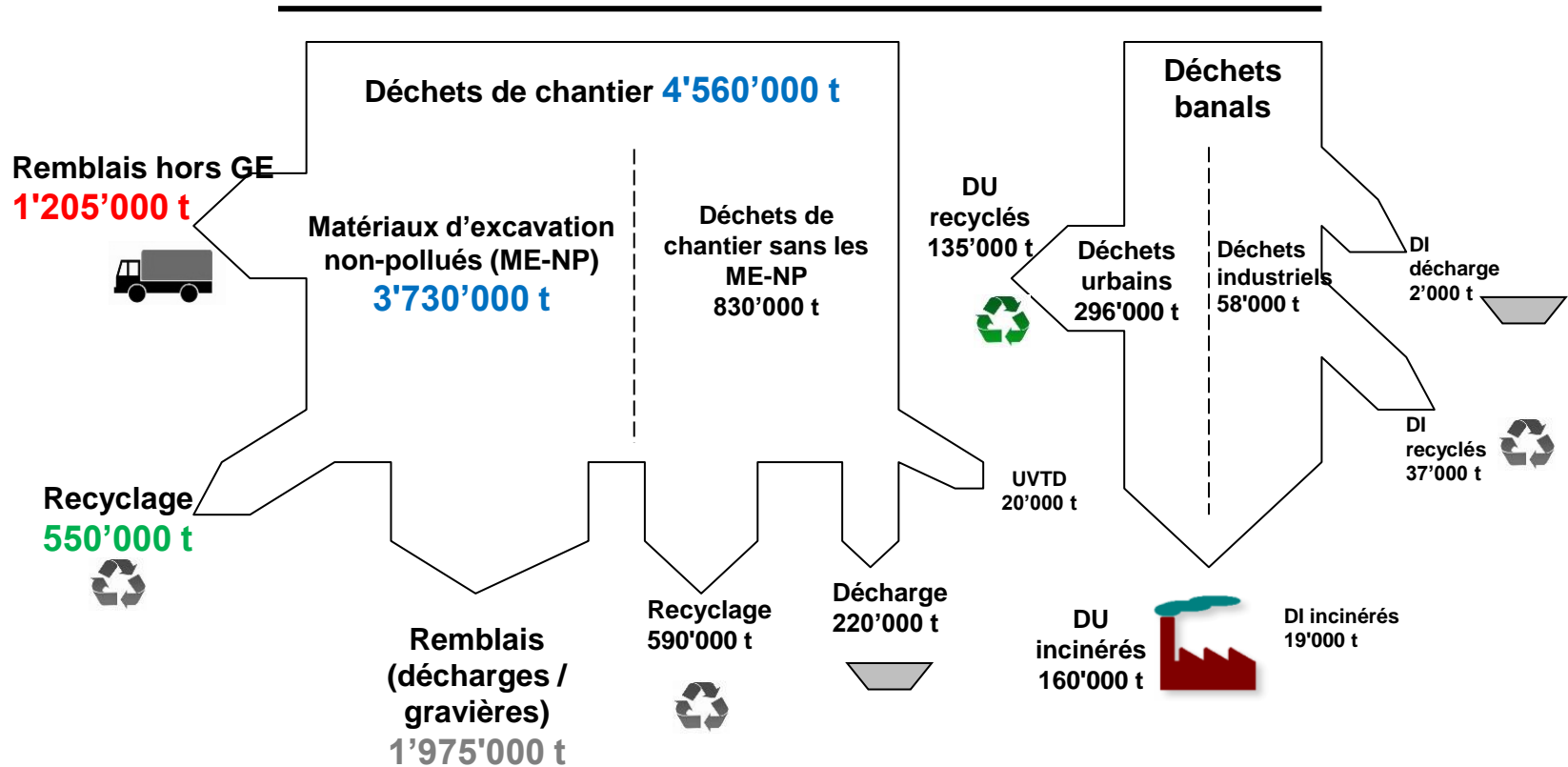
Matthieu Raeis, Chef du secteur déchets
Service de géologie, sols et déchets
(GESDEC)

Structure

1. De quoi parle-t-on?
2. Ce que dit la loi
3. Enjeux
4. Que faire?
5. Guide matériaux d'excavation

1. De quoi parle-t-on?

Déchets ordinaires 4'912'000 t (2014)



Matériaux d'excavation = 76 % des déchets produits à Genève

Remblayage = 53 %

Exportation = 33%

Recyclage = 15%

2. Ce que dit la loi

1/2

OLED

- Article 19: Obligation de valoriser intégralement les matériaux non pollués:
 - a. comme matériaux de construction sur des chantiers ou dans des décharges;
 - b. comme matières premières pour la fabrication de matériaux de construction;
 - c. pour le comblement de sites de prélèvement de matériaux,
 - d. pour des modifications de terrain autorisées.

2. Ce que dit la loi

2/2

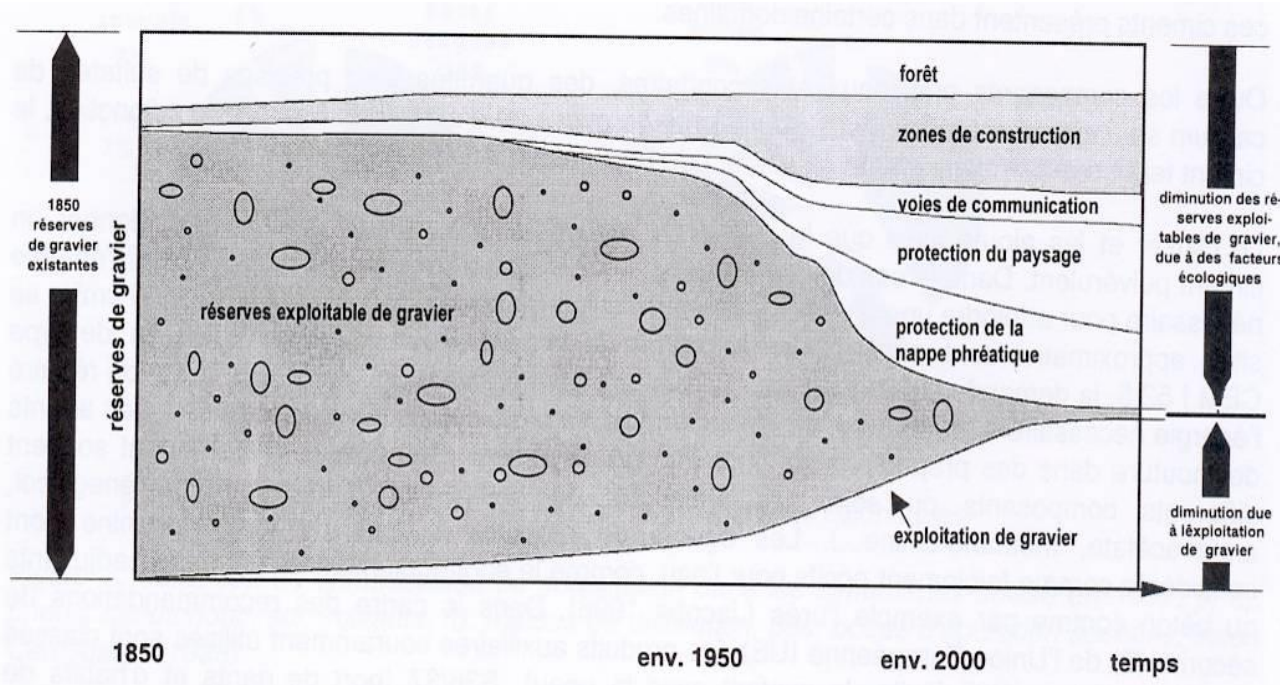
OLED

- Article 12: obligation générale de valoriser les déchets.
- Article 16: obligation de déclarer au stade de sa **demande de permis de construire**, la qualité et la quantité de déchets produits, ainsi que les **filières d'élimination prévues**.

→ Ces éléments sont à intégrer dans l'EIE (*Concept de gestion des déchets et des matériaux d'excavation* selon guide OFEV)

3. Enjeux

Préservation des ressources: le gravier est une ressource non renouvelable!

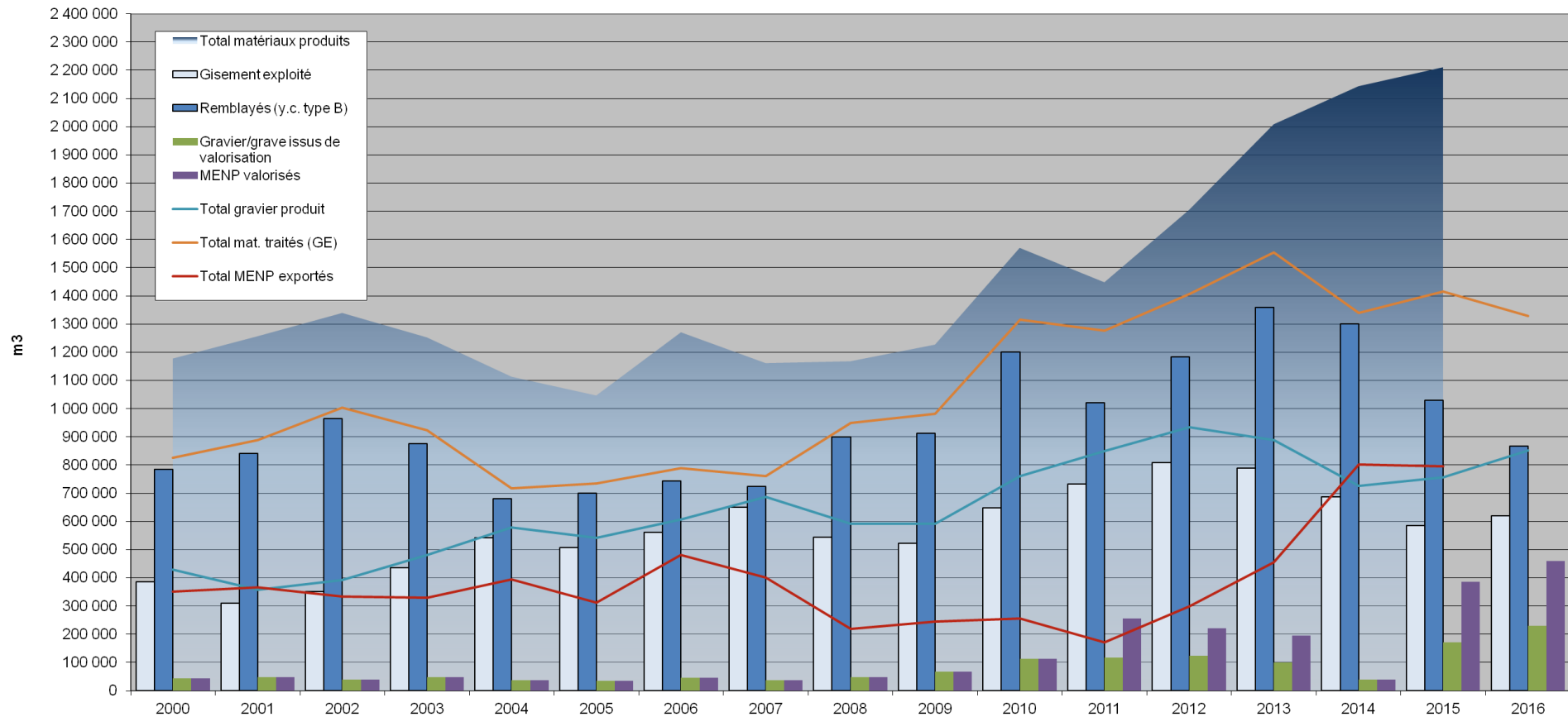


Entre 40 et 80 ans de réserve

3. Enjeux

Volumes exploités et remblayés dans les gravières genevoises (2000-2016) et flux de matériaux d'excavation non pollués

(Données 2014 à 2016 provisoires)



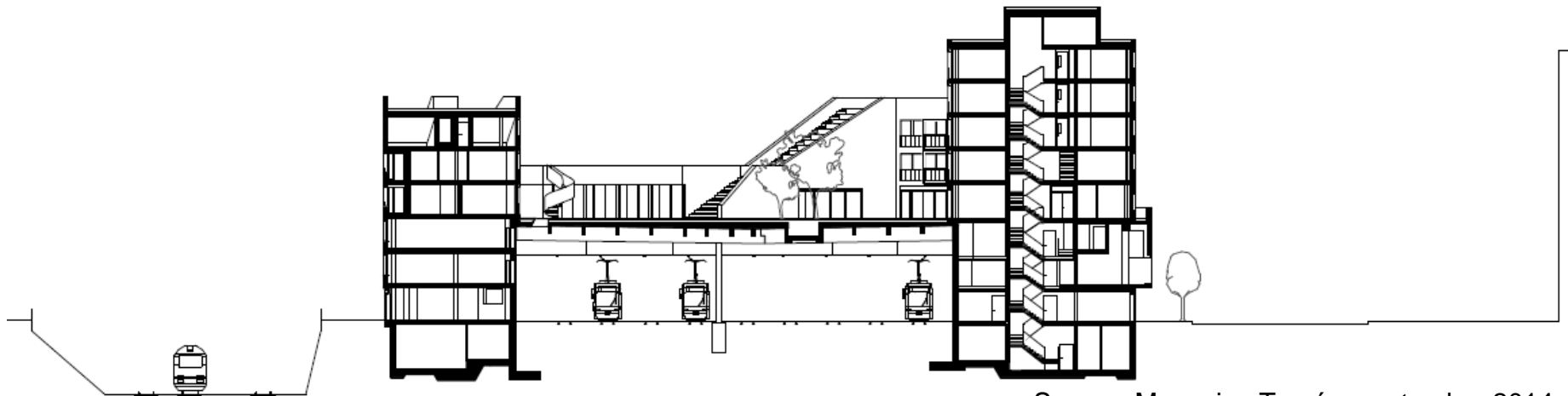
Engorgement et éloignement des sites de stockage

4. Que faire?

- Tenir compte de la **géologie!**
- 1. Quelle que soit la géologie, limiter les terrassements

Exemple: coopérative Kalkbreite à Zürich

22'900 m² SPB, 5'300 m² terrasses, 13'226 m² SUP



Source: Magazine Tracés, septembre 2014

4. Que faire?



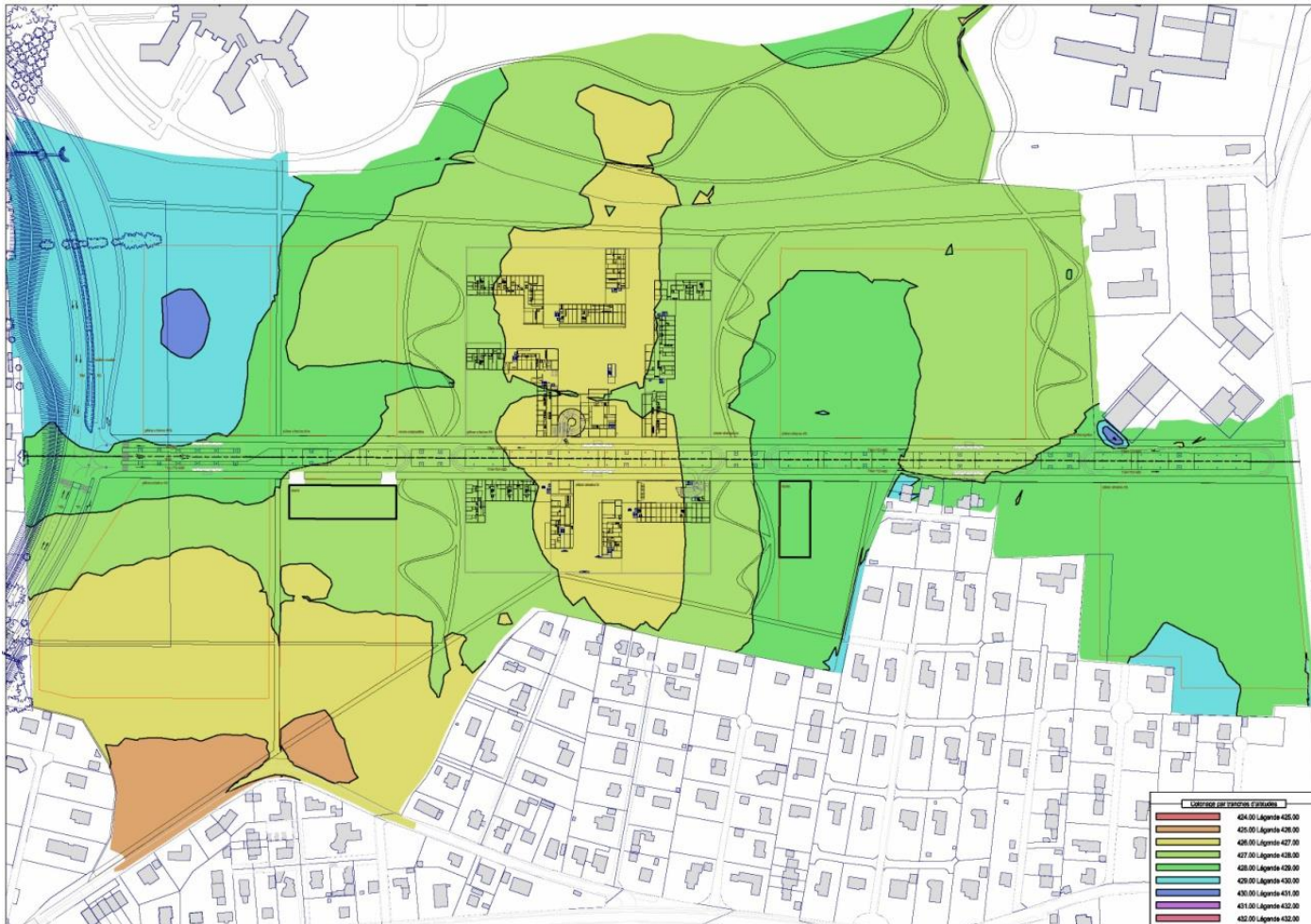
Source: Magazine Tracés, septembre 2014

4. Que faire?

1. Quelle que soit la géologie, limiter les terrassements
2. En cas de terrassements, réfléchir à un projet qui produise le moins de déblais possible (p.ex. surélévation du terrain naturel)

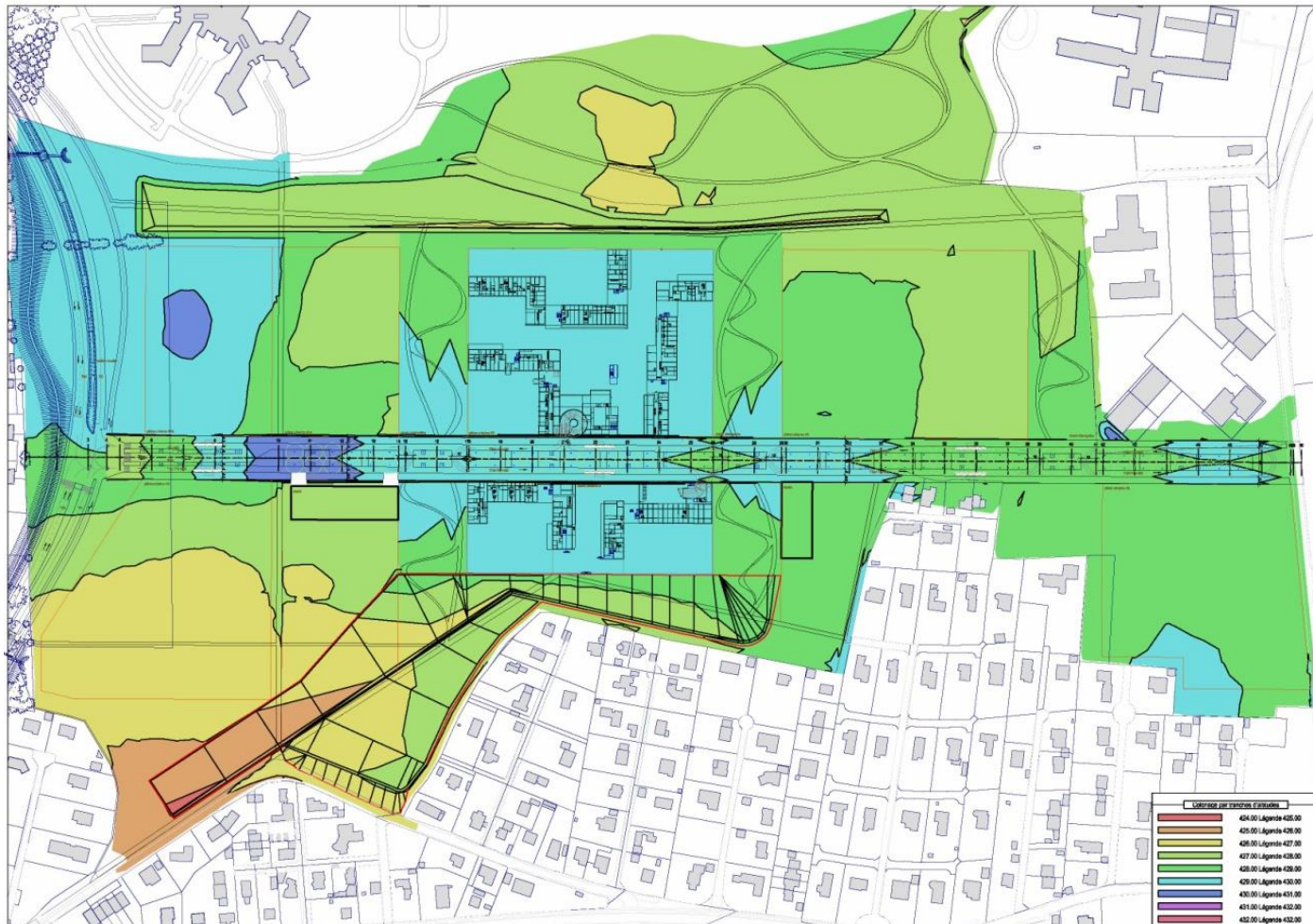
"Le projet doit être conçu de façon à réduire au maximum le volume de matériaux à excaver, notamment en présence de matériaux ayant une qualité géotechnique défavorable"

Etat actuel



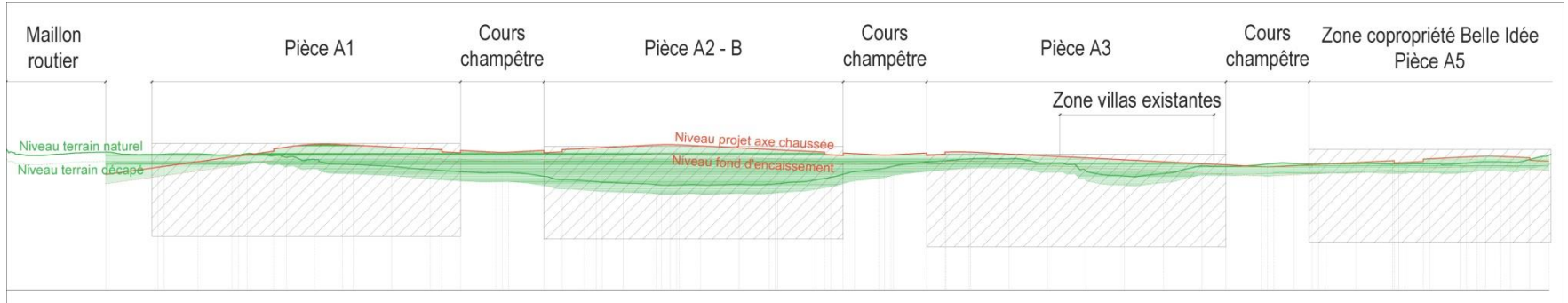
Source: EDMS

Etat futur



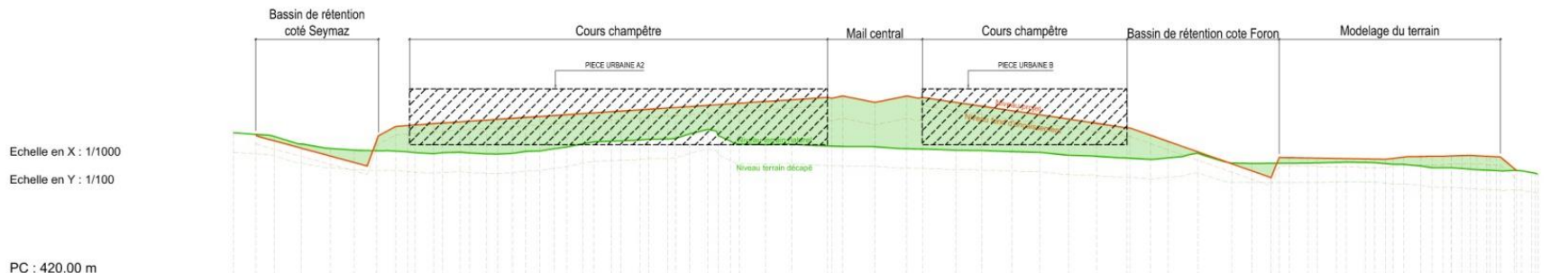
Source: EDMS

Profil en long



Profil en travers

Profil Cours champêtre n°: 1

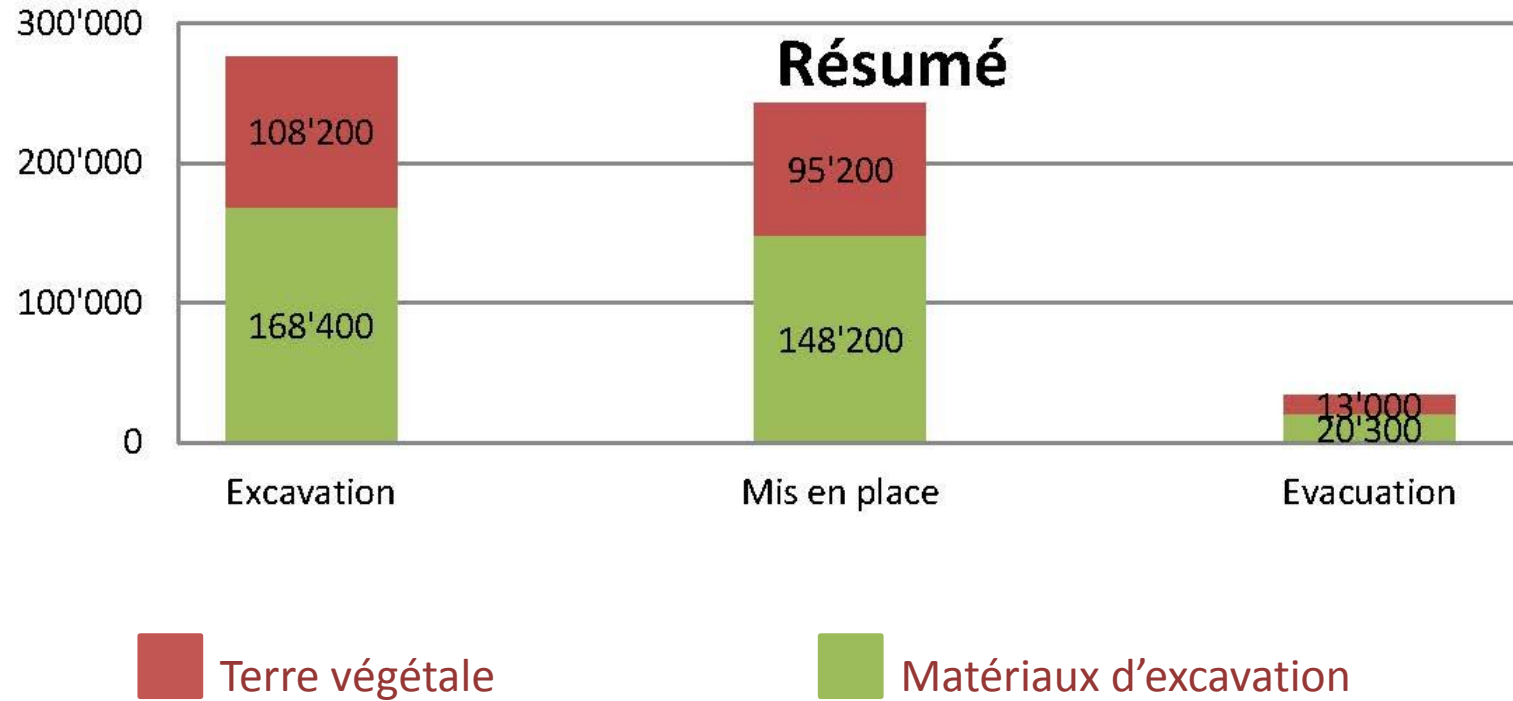


PC : 420.00 m

Numéro de profils en travers	1	2	3	4	5	6	7	8
Altitudes TN	426.11	426.00	427.47	427.85	427.93	427.01	427.02	426.66
Altitudes Projet	426.00	427.00	427.45	427.85	427.85	427.00	427.00	426.66
Ecart TN - Projet	0.11	-0.00	0.02	0.00	0.08	0.01	0.02	0.00

Source: EDMS

Bilan matériaux d'excavation



Source: EDMS

4. Que faire?

1. Quelle que soit la géologie, limiter les terrassements
2. En cas de terrassements, réfléchir à un projet qui produise le moins de déblais possible (p.ex. surélévation du terrain naturel)
3. En cas de terrassements, implanter le projet où la géologie est la plus favorable (gravier vs. argiles)

Plus difficile à l'échelle d'un secteur, favorable à l'échelle d'un quartier ou d'un large périmètre

4. Que faire?

1. Quelle que soit la géologie, limiter les terrassements
2. En cas de terrassements, réfléchir à un projet qui produise le moins de déblais possible (p.ex. surélévation du terrain naturel)
3. En cas de terrassements, implanter le projet où la géologie est plus favorable (gravier vs. argiles)
4. Impossibilité de rehausser ou limiter les terrassements, **optimiser les filières**

Exemple Centre de Maintenance TPG

- Deux niveaux (un semi-enterré, un enterré)
- Excavation 15m
- Surface 33'000 m²
- Environ 500'000 m³



Source: TPG

Exemple Centre de Maintenance TPG

Bilan:

- **680'000 m³** (foisonnés) excavés et traités (installation fixe)
- **350'000 m³** valorisés (**51%**) dont:
 - 36 % de graves (béton et naturelles);
 - 12% de moraine stabilisée;
 - 3% réutilisés directement.

4. Que faire?

- Le projet **DOIT** être élaboré **conjointement** entre le bureau d'ingénieur / architecte et le spécialiste de la protection de l'environnement (itérations) le **plus en amont possible**.
- La preuve que la gestion des matériaux a été **réfléchie et optimisée** doit être apportée. "*Le projet doit être conçu de façon à réduire au maximum le volume de matériaux à excaver (notamment en présence de matériaux ayant une qualité géotechnique défavorable)*"

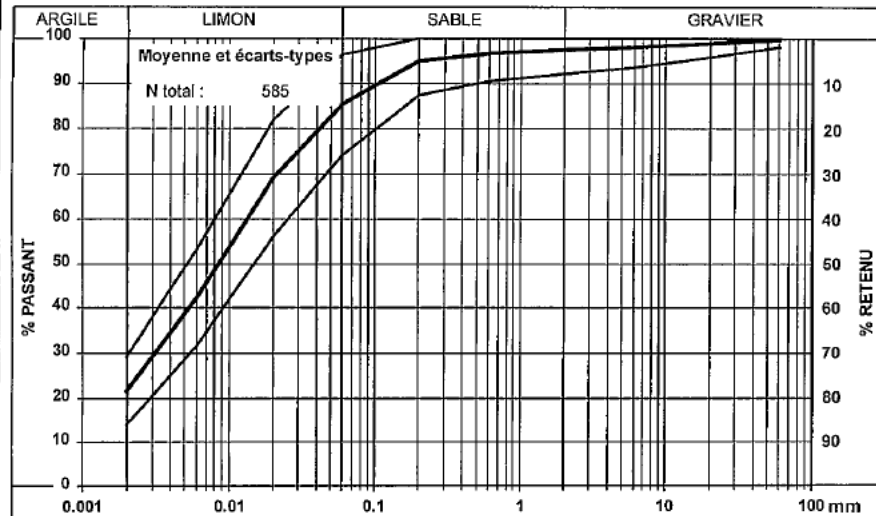
4. Que faire?

Etape du projet	Document	Contenu	Remarque
PLQ	RIE 1 ^{ère} étape	Concept global de gestion des matériaux d'excavation à l'échelle du projet (PLQ)	yc. preuve de l'optimisation de la gestion des matériaux
Autorisation de construire (DD)	RIE 2 ^{ème} étape	Concept concret et finalisé à l'échelle du bâtiment (provenance / destination des matériaux, organisation sur le chantier, part de valorisation...)	La non remise d'un document complet se traduit par une demande de compléments

4. Que faire?

- En résumé, la toute première question à se poser est "**quelle géologie pour quel concept?**"

⇒ Elaboration conjointe SERMA / GESDEC d'un **guide** pour la **réutilisation** des **matériaux d'excavation** non pollués



Limite de liquidité WL % 31.0 +/- 3.8 N = 1056
 Indice de plasticité IP % 13.9 +/- 2.7 N = 1056
 Masse volumique des grains 2.77 +/- 0.02 N = 1256

Classification USCS Classification VSS	6d1			6d12			6d2		
	CL			CL			CL		
	As			As			As		
	E(x)	S(x)	N	E(x)	S(x)	N	E(x)	S(x)	N
Teneur en eau W%	19.0	2.5	1216	21.9	2.4	1043	25.3	2.7	2670
Masse volumique apparente t/m ³	2.13	0.05	619	2.09	0.05	477	2.03	0.05	1262
Masse volumique sèche t/m ³	1.80	0.12	619	1.72	0.08	477	1.62	0.09	1262
Indice de vide e ₀	0.541	0.076	390	0.612	0.074	256	0.713	0.086	584
Consistance apparente q _p kPa	350	97	1281	149	24	2091	73	27	2361
Résistance à l'écrasement q _u kPa	240	98	132	144	41	123	83	38	403
Résistance à l'écrasement remanié q _{ur} kPa	110	55	122	58	21	118	32	15	371
Résistance au battage Von Moos N cp/20 cm	33	21	82	22	14	70	14	10	130
Résistance au battage SPT N cp/30 cm	51	24	13	28	15	19	14	7	16

Description géologique et géotechnique

6d1 Phase limono-argileuse consolidée

Limons argileux, beige à brun-beige, assez bien stratifiés, préconsolidés par dessiccation, dur à très dur, plastique, avec fissures de retrait bleuâtres.

6d12 Phase limono-argileuse semi-consolidée

Limons argileux, gris et brun, assez bien stratifiés, préconsolidés par dessiccation, ferme, plastique, avec fissures de retrait bleuâtres peu nombreuses.

6d2 Phase limono-argileuse non consolidée

Limons argileux, gris sombre, en général bien stratifiés, tendre, plastique, saturé, compressible, très peu perméable.

Caractéristiques pratiques pour l'ingénieur

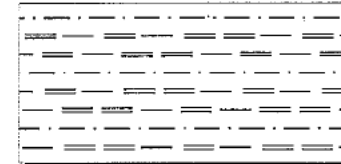
	6d1	6d12	6d2
Portance (sol de fondation)	+	+/-	--
Insensibilité à l'eau	-(2)	+/-	+(1)
Insensibilité au gel	+/-	+/-	+/-
Aptitude au terrassement	+	++	++
Carrossabilité	+(2)	-	--
Matériau de remblai	+/- (2)	-	--

++ très favorable + favorable +/- moyen - défavorable -- très défavorable

Remarques

- (1) Terrain sensible à la dessiccation avec phénomène de retrait.
- (2) Tendance au gonflement par absorption d'eau.

Symbole de représentation graphique



RETRAIT WURMIEN

Phase limono-argileuse 6d

GEOTECHNIQUE APPLIQUEE DERIAZ S.A.

SOLS GENEVOIS - STATISTIQUE GLOBALE

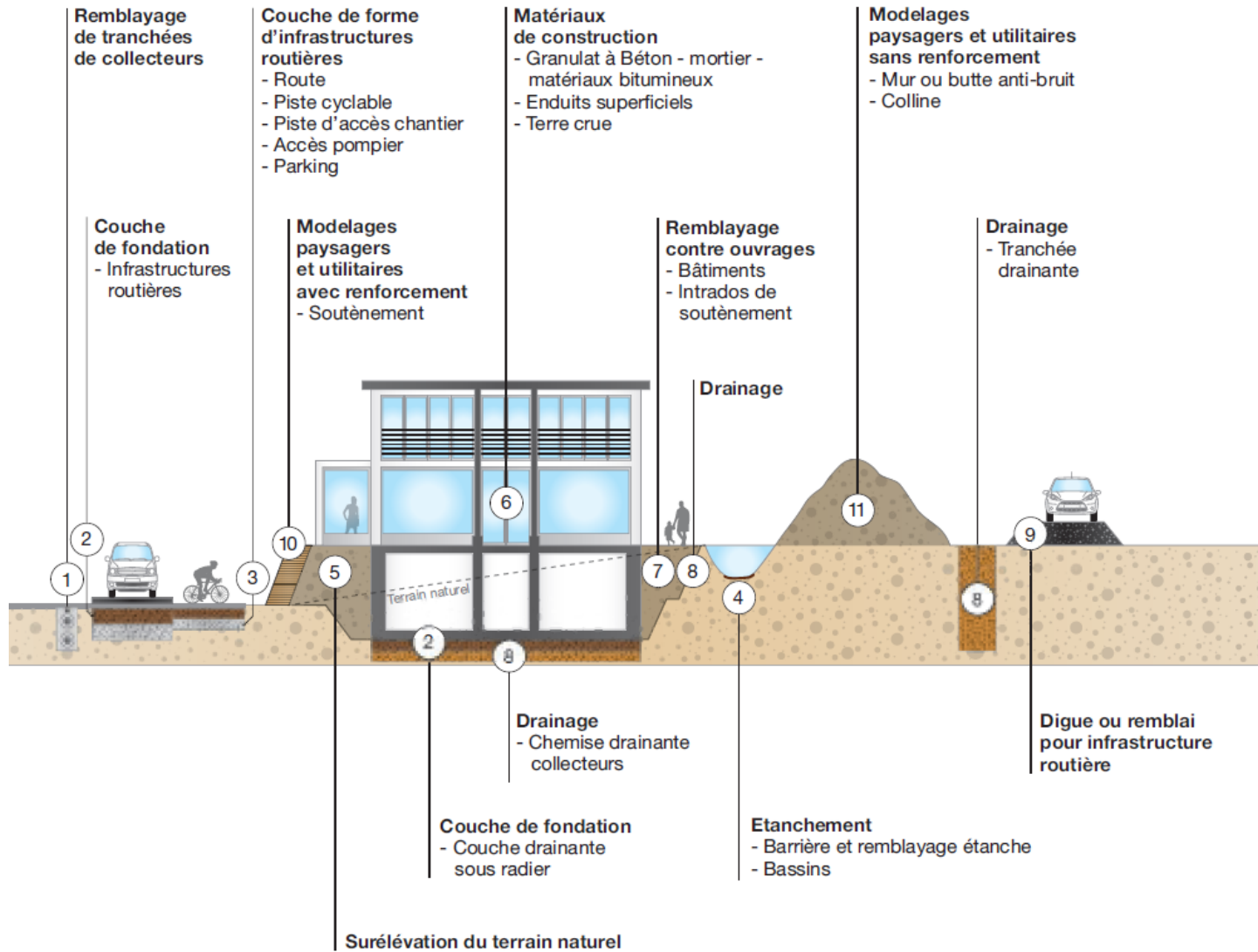
SERVICE CANTONAL DE GEOLOGIE








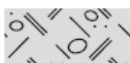


Impression du 16.12.97

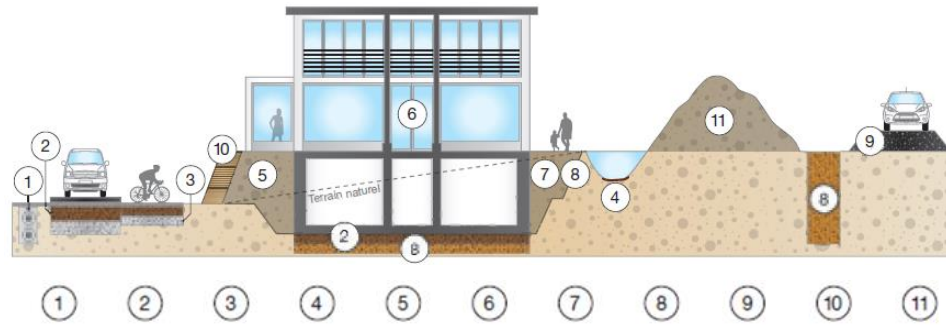
5. Guide réutilisation matériaux



<http://ge.ch/ecomat/publications/publications>



Terrains meubles		GRAVIERS 4a – 6a – 9a	- Perméables - Pas à peu sensibles à l'altération et au gel-dégel	<i>Fiche technique n° 1</i>
		SABLES 4b – 6b – 9b	- Semi-perméables - Peu sensibles à l'altération et au gel-dégel	<i>Fiche technique n° 2</i>
		MORAINES LIMONEUSES 7c12 – 7c1	- Peu perméables - Sensibles à l'altération et au gel-dégel	<i>Fiche technique n° 3</i>
		LIMONS ARGILEUX FINEMENT SABLEUX SANS CAILLOUX 4c – 6c2 – 6c12 – 6c1	- Peu perméables - Sensibles à très sensibles à l'altération - Très sensibles au gel-dégel - Susceptibles de fluer en présence d'eau	<i>Fiche technique n° 4</i>
		ARGILES SANS CAILLOUX CONSOLIDÉES 6d1 – 6e1	- Quasi imperméables - Plastiques à très plastiques - Très sensibles à l'altération - Sensibles au gel-dégel - Risques de variations volumétriques (retrait – gonflement)	<i>Fiche technique n° 5</i>
		ARGILES SANS CAILLOUX PEU À SEMI-CONSOLIDÉES 6d2 – 6d12 – 6e2 – 6e12	- Quasi imperméables - Plastiques à très plastiques - Très sensibles à l'altération - Sensibles au gel-dégel - Risques de variations volumétriques (retrait – gonflement)	<i>Fiche technique n° 6</i>
		MORAINES ARGILEUSES CONSOLIDÉES 7d1 – 7e1	- Quasi imperméables - Plastiques - Très sensibles à l'altération - Sensibles au gel-dégel	<i>Fiche technique n° 7</i>
		MORAINES ARGILEUSES PEU À SEMI-CONSOLIDÉES 7d2 – 7d12 – 7e2 – 7e12	- Quasi imperméables - Plastiques à très plastiques - Très sensibles à l'altération - Sensibles au gel-dégel	<i>Fiche technique n° 8</i>
Roches		MOLASSE GRISE 14	- Très sensible à l'altération	<i>Fiche technique n° 9</i>
		MOLASSE ROUGE 15	- Très sensible à l'altération	<i>Fiche technique n° 10</i>

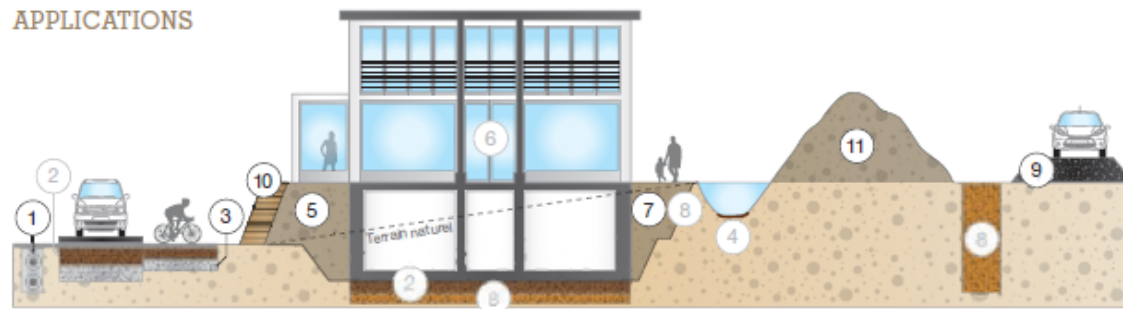


		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Terrains meubles	GRAVIERS 4a - 6a - 9a	✓	☐	☐	✗	☐	✓	✓	☐	☐	✓	✓
	SABLES 4b - 6b - 9b	☐	☐	☐	✗	☐	✓	✓	grossier ✓ fins à moyen ✗	☐	☐	☐
	MORAINES LIMONEUSES 7c12 - 7c1	✓	☐	☐	✗	☐	✗	☐	✗	☐	☐	✓
	LIMONS ARGILEUX FINEMENT SABLEUX SANS CAILLOUX 4c - 6c2 - 6c12 - 6c1	☐	✗	☐	✗	☐	✗	☐	✗	☐	☐	☐
	ARGILES SANS CAILLOUX CONSOLIDÉES 6d1 - 6e1	☐	✗	☐	6e ✓ 6d ✗	☐	✗	☐	✗	☐	☐	☐
	ARGILES SANS CAILLOUX PEU À SEMI-CONSOLIDÉES 6d2 - 6d12 - 6e2 - 6e12	☐	✗	☐	6e ✓ 6d ✗	☐	✗	☐	✗	☐	☐	☐
	MORAINES ARGILEUSES CONSOLIDÉES 7d1 - 7e1	☐	✗	☐	7e ✓ 7d ✗	☐	✗	☐	✗	☐	☐	☐
MORAINES ARGILEUSES PEU À SEMI-CONSOLIDÉES 7d2 - 7d12 - 7e2 - 7e12	☐	✗	☐	7e ✓ 7d ✗	☐	✗	☐	✗	☐	☐	☐	
Roches	MOLASSE GRISE 14	☐	✗	☐	✗	☐	☐	☐	✗	☐	☐	☐
	MOLASSE ROUGE 15	☐	✗	☐	✗	☐	☐	☐	✗	☐	☐	☐

PROPRIÉTÉS

Peu perméables, sensibles à l'altération et au gel-dégel.

APPLICATIONS



1	Remblayage tranchées de collecteurs	utilisation brute
2	Couche de fondation	peu adaptée, éventuellement utilisable après criblage
3	Couche de forme infrastructure routière	utilisation brute ou stabilisée
4	Etanchement	peu adaptée
5	Surélévation terrain	utilisation brute ou stabilisée
6	Matériaux de construction	inadaptée
7	Remblayage contre ouvrages	utilisation brute ou stabilisée selon exigences en matière de déformations/tassements
8	Drainage	inadaptée
9	Digue ou remblais pour infrastructure routière	utilisation brute ou stabilisée selon exigences en matière de déformations/tassements
10	Modelage paysager avec renforcement	utilisation brute ou stabilisée
11	Modelage paysager sans renforcement	utilisation brute

FACTEURS CONTRAIGNANTS PARTICULIERS CONCERNANT LE RÉEMPLOI

En cas de stabilisation, prévoir la gestion des infiltrations d'eau en présence d'une nappe d'eau souterraine sans couverture étanche.

FACTEURS CONTRAIGNANTS GÉNÉRAUX CONCERNANT LE RÉEMPLOI

En cas de stabilisation, prévoir la gestion des eaux de ruissellement et d'infiltration dont le pH est modifié.

Pour les buttes paysagères, prévoir une finition (végétale, graviers,...).

STOCKAGE TEMPORAIRE

Stockage en andain.

Protection contre l'altération.

Doit se faire à une distance suffisante du sommet des talus (pour éviter d'engendrer des instabilités); nécessite le cas échéant un calcul de stabilité.

ÉLÉMENTS PRINCIPAUX À PRÉCISER AVEC L'AIDE D'UN GÉOTECHNICIEN

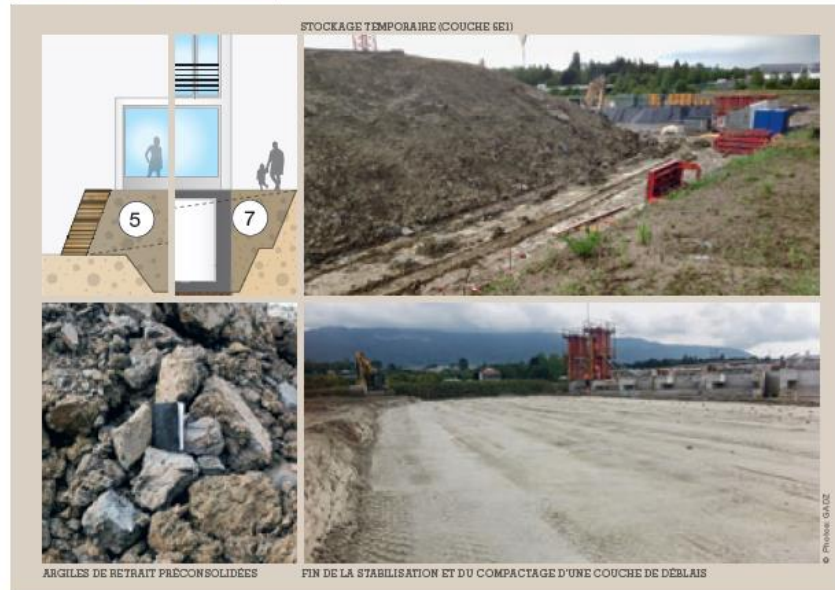
La moraine est-elle riche en graviers ?

Quelles possibilités de valorisation par lavage ?

Voir «Connaissances pré-requises» page 38

REMBLAYAGE CONTRE OUVRAGE ET MODELAGE PAYSAGER (PLATE-FORME ROUTIÈRE)

(PLATE-FORME ROUTIÈRE)



Ouvrage
Halle Union Maralchère Genevoise

Lieu
Route de Base (Perly)

Maitre d'Ouvrage
Union Maralchère de Genève

Date des travaux
Septembre à novembre 2013

NATURE DES DÉBLAIS RÉUTILISÉS

Colluvions (couche 3) et argiles de retrait préconsolidées (couche 6e1).

MÉTHODE DE MISE EN ŒUVRE

Les colluvions sont stabilisés en place avec un liant 50% chaux – 50% ciment dosé à 5%.

Les argiles de retrait stockées sont traitées par couche de 40 cm avec le liant dosé à 3% pour le remblayage périphérique contre le bâtiment et à 5% pour les aménagements extérieurs (plate-forme).

COMMENTAIRES

Le remblayage pour la plate-forme atteint une hauteur maximale de 1,50 m. La plate-forme est le siège d'une intense circulation de poids-lourds.

COUCHE DE FORME - INFRASTRUCTURE ROUTIÈRE



Ouvrage
Extension de la ZIBAY
Création de la route de «la Maison Carrée»

Lieu
Satigny – Zone industrielle du Bois de Bay

Maitre d'Ouvrage
F.T.I Genève

Date des travaux
Juin 2011 à mars 2014

NATURE DES DÉBLAIS RÉUTILISÉS

Remblais limono-argileux finement sableux et graveleux. Assimilables à une moraine (couche 7d1).

MÉTHODE DE MISE EN ŒUVRE

Stabilisation et compactage des remblais en place sur 30 cm d'épaisseur par de la chaux vive calcaïque 0/2 mm à 2%, soit environ 10 kg/m² puis mise en place de 40 cm de déblais stabilisés au liant, 100% ciment dosé à 6%, soit environ 40 kg/m², puis compactés.

COMMENTAIRES

Les tests réalisés sur les déblais du premier tronçon, stabilisés avec un liant composé de 30% chaux et 70% ciment n'étaient pas concluants. Ce liant a été finalement remplacé par du liant 100% ciment.

BUTTE PAYSAGÈRE



BUTTE PAYSAGÈRE APRÈS TRAVAUX

© PHOTON GAZZ

Ouvrage
Domaine de Vessy

Lieu
Plateau de Vessy – Chemin des Beaux-Champs
sur la commune de Veyrier

Maître d'Ouvrage
Hospice général

Date des travaux
Mars 2013

NATURE DES DÉBLAIS RÉUTILISÉS

Matériaux limono-argileux contenant des cailloux pour une partie, assimilables à des formations de retrait (couche 6d1).

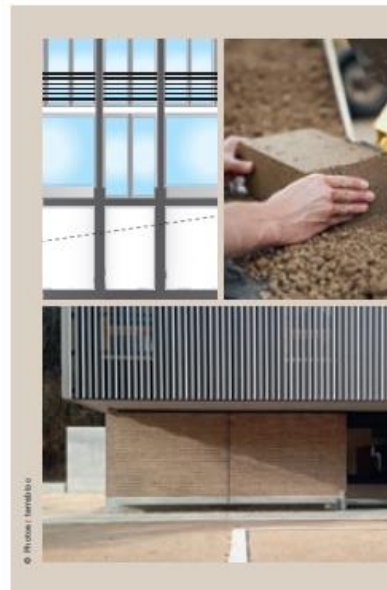
MÉTHODE DE MISE EN ŒUVRE

Mise en œuvre et compactage du remblais, par couche de 40 cm

COMMENTAIRES

Le remblayage pour la butte paysagère atteint une hauteur de 1.50 m.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION



© PHOTON GAZZ

Ouvrage
Pavillon d'exposition des Services Industriels de Genève à Vessy

Lieu
Vessy (Genève)

Maître d'Ouvrage
SIG

Site internet
www.terrabioc.ch

Date des travaux
2013 - 2014

Nature des déblais réutilisés
Argile limoneuse pouvant contenir un peu de sable et de gravier

Méthode de mise en œuvre
Maçonnerie traditionnelle apparente pour cloison ou mur porteur



© PHOTON GAZZ

Ouvrage
Réhabilitation des murs du parc de la mairie de Confignon

Lieu
Confignon

Maître d'ouvrage
Commune de Confignon

Architecte
ar-ter atelier d'architecture-territoire sia fsu fas.
Collaboration : Martin Rauch, Anouck van Oordt et Manuel Barthassat

Site internet
www.swiss-architects.com/portal/pics/pdf/b&m_20.pdf

Date des travaux
2007

Nature des déblais réutilisés
Argile

Méthode de mise en œuvre
Matériaux argileux comprimés par couches successives d'environ 20 cm entre 2 coffrages. La partie supérieure est couverte pour éviter l'érosion.

Merci de votre attention