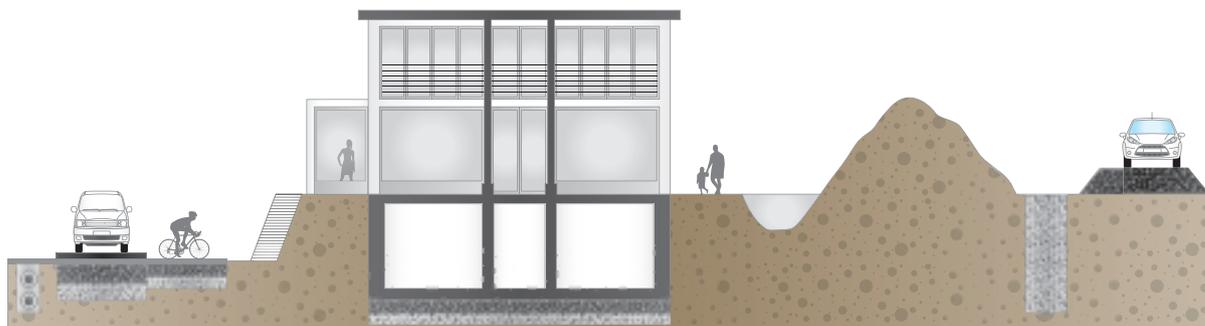


GUIDE POUR LA RÉUTILISATION DES MATÉRIAUX D'EXCAVATION NON POLLUÉS



LA DÉMARCHE ECOMAT^{GE}

Ecomat^{GE} vise à répondre à deux défis majeurs que doit relever le secteur genevois de la construction.

Le premier concerne notre approvisionnement en matières premières. En effet, les réserves genevoises exploitables de graviers sont limitées.

Le second touche l'élimination des matériaux d'excavation et des déchets de démolition minéraux. Depuis une quinzaine d'années, le volume de ces matériaux excède largement celui libéré par la creuse des gravières, traditionnellement utilisées pour leur stockage définitif.

Ces deux problèmes sont étroitement liés : il convient de remédier durablement à la pénurie annoncée de gravier tout en réduisant la masse des déchets inertes destinés à la mise en décharge.

Sur la base d'une série d'études relatives à la problématique des matériaux minéraux dans le canton de Genève, ecomat^{GE} apporte des recommandations pratiques aux professionnels de la construction.

Ce guide est la suite logique d'un premier document édité en 2009 (guide technique des applications recommandées dans le cadre du projet ecomat^{GE}).



DE PRÉCIEUSES RESSOURCES À VALORISER



Les matériaux d'excavation ne doivent plus être considérés comme des déchets, mais comme de précieuses ressources à valoriser. En effet, la réalité est simple et triviale: nos ressources naturelles, en particulier le gravier, s'épuisent; le volume des matériaux d'excavation, par contre, augmente de telle

manière que nous ne disposons plus d'espace où les stocker. Or, la solution à ce problème existe depuis le début des âges: il faut éviter le gaspillage des ressources et valoriser les déchets.

Pour réussir ce changement, il est nécessaire d'en identifier les contraintes et de maîtriser certaines techniques. Faciliter la tâche des différents acteurs, de la planification à la réalisation, tel est l'objectif de ce guide pratique, composé de dix fiches techniques illustrées par des exemples variés.

En éditant ce guide, le Conseil d'Etat poursuit son action en matière d'écologie industrielle. En effet, depuis plusieurs années, Genève joue un rôle de pionnier dans ce domaine. Outre ce guide pratique, les entreprises disposent également depuis juin 2015 d'une plateforme d'échange numérique. Grâce à ce nouvel outil de mise en réseau, Genie.ch, quelque 4'000 entreprises genevoises sont encouragées à développer ensemble des projets d'économie circulaire. C'est ainsi que le déchet de l'une peut devenir la matière première d'une autre.

Tout chantier implique d'énormes quantités de matériaux d'excavation. En privilégiant une réutilisation de ces matériaux plutôt que leur mise en décharge, on s'assure que les projets constructifs puissent être accomplis en réalisant une plus-value aussi bien pour les entreprises concernées que pour l'environnement.

De cette manière, nous pourrons aller de l'avant avec tous les projets de construction qui permettront à notre canton de satisfaire à ses besoins en infrastructures et à résorber la pénurie de logements, objectif qui constitue l'une des priorités du Conseil d'Etat.

Luc BARTHASSAT

Conseiller d'Etat chargé du département de l'environnement, des transports et de l'agriculture

TABLE DES MATIÈRES

Pourquoi recycler les matériaux d'excavation ?	2
Les principales réutilisations possibles	4
Planification	5
Les principales méthodes de mise en œuvre	5
Les contraintes	6
Fiches techniques : quelle utilisation pour quel matériau ?	9
Tableau de synthèse des diverses utilisations possibles	20
Fiches exemples : possibilités de réutilisations des matériaux d'excavation	23
Connaissances pré-requises	38
Procédures administratives	39
Glossaire	40
Bibliographie et références	42

POURQUOI RECYCLER LES MATÉRIAUX D'EXCAVATION ?

Chaque année, plus de 2,6 millions de tonnes de matériaux d'excavation non pollués sont produites sur les chantiers genevois. Cela représente plus des deux tiers de l'ensemble des déchets du canton. Or, à l'heure actuelle, moins de 15% de ces matériaux d'excavation non pollués sont recyclés.

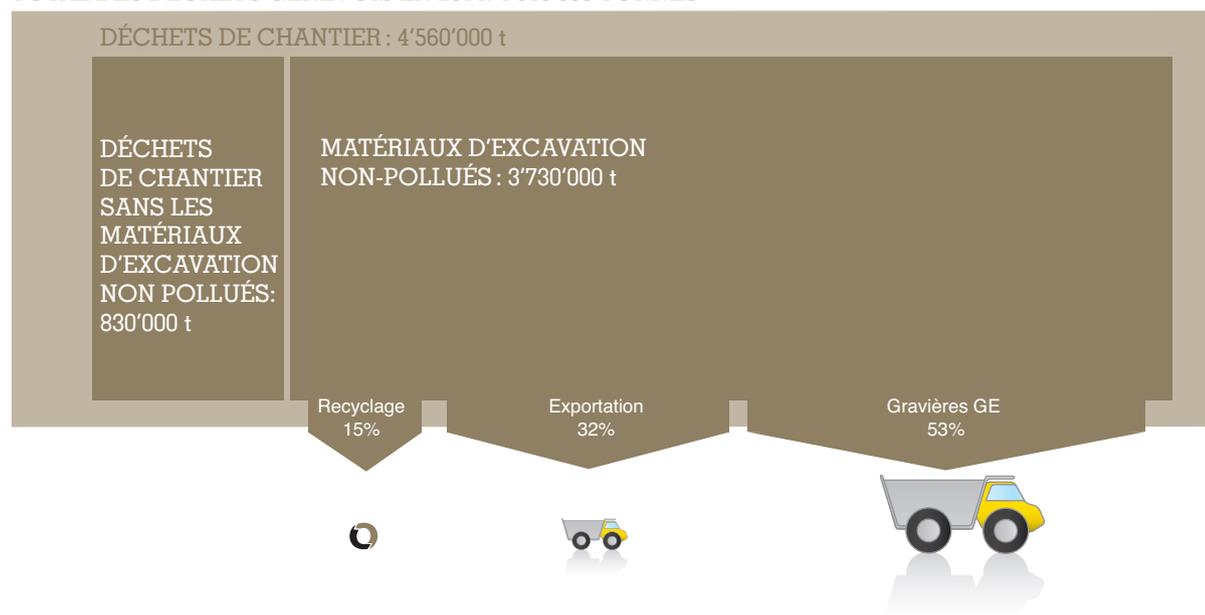
Dans ce contexte, la priorité doit être donnée à une réutilisation des matériaux d'excavation directement sur le chantier «source» mais aussi sur les autres chantiers et gravières en favorisant la proximité. En procédant de la sorte, on minimise non seulement les nuisances liées au transport, mais aussi l'engorgement des sites de stockage, que ce soit sur territoire suisse ou étranger.

Le recyclage des matériaux d'excavation présente par ailleurs un intérêt financier. L'économie réalisée sur les coûts de mise en décharge compense en effet largement le travail de planification à prévoir en amont du chantier.

L'obligation de valoriser ces matériaux autant que possible est par ailleurs inscrite dans l'Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED), article 19.

Le présent guide vise à favoriser la valorisation des matériaux d'excavation, en dressant un aperçu complet des utilisations possibles en fonction de la nature du sous-sol.

TOTAL DES DÉCHETS GENEVOIS EN 2014: 4'910'000 TONNES



DÉFINITION DES MATÉRIAUX D'EXCAVATION

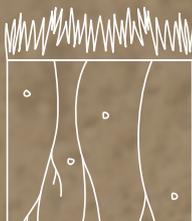
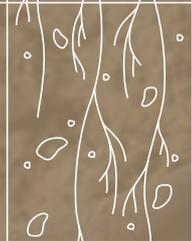
Selon la *directive fédérale pour la valorisation, le traitement et le stockage des matériaux d'excavation et déblais* (OFEV, 1999), les matériaux d'excavation sont des «matériaux excavés lors de travaux de génie civil ou de construction tels que fouilles, tunnels, cavernes et galeries». Concrètement, il s'agit de :

- roches ou terrains meubles (graviers, sables, limons et argiles et leurs mélanges)
- rochers concassés (la molasse à Genève)
- matériaux provenant de constructions antérieures ou de sites pollués

Les matériaux d'excavation et les déblais, même non pollués, sont considérés comme des déchets dans les législations suisse et européenne.

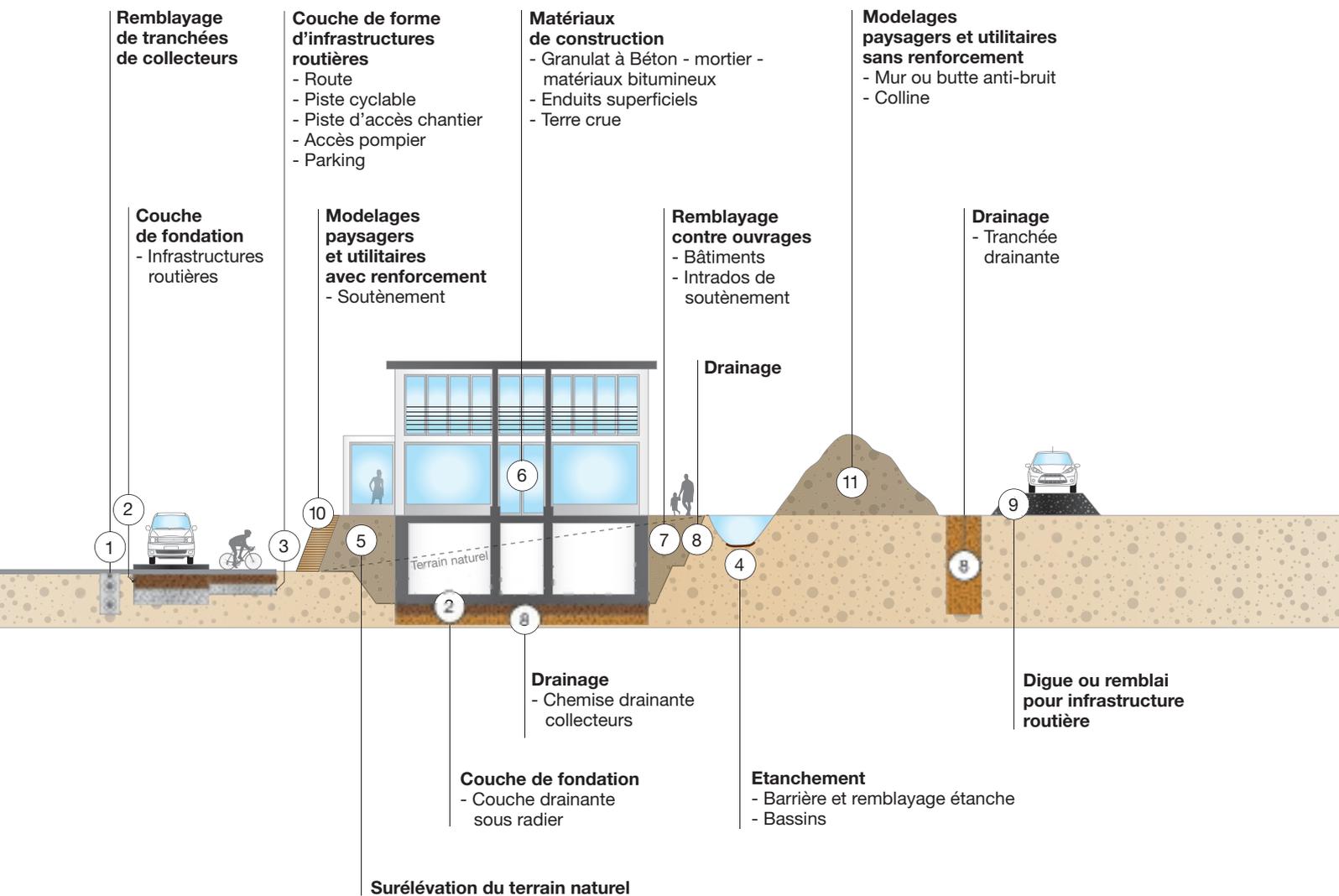
Dans le domaine de l'ingénierie et des normes y relatives (VSS, SIA, ISO), le terme de «sol» désigne l'ensemble des terrains meubles. Pour éviter toute confusion avec les matériaux terreux également appelés «sols» dans de nombreux documents de référence, le terme de «sous-sol» est utilisé dans le présent guide pour parler des matériaux d'excavation.

SOL - DÉFINITIONS

		Sol en place (LPE 1983)	Matériaux de terrassement (SN 640 582)
Horizon A		Couche supérieure du sol	Matériaux terreux issus de la couche supérieure du sol
Horizon B		Couche sous-jacente du sol (sous-sol altéré et meuble)	Matériaux terreux issus de la couche sous-jacente du sol
Horizon C		Sous-sol	Matériaux d'excavation

LES PRINCIPALES RÉUTILISATIONS POSSIBLES

Les matériaux d'excavation non pollués peuvent être réutilisés dans des applications très variées, présentées synthétiquement sur le schéma ci-dessous. Pour le détail de chaque application, se référer aux fiches techniques de ce guide (page 9).



PLANIFICATION

A quel stade de la planification faut-t-il se préoccuper du devenir des matériaux d'excavation?

Les possibilités de valorisation sont à planifier le plus tôt possible, c'est-à-dire, selon les cas, dans les planifications directrices (les grands projets, PDQ, PDCom) et les plans d'affectations (PLQ, PDZI, PDZDAM) et dans les demandes définitives (DD). Ceci est particulièrement nécessaire si une possibilité de remodelage topographique se présente.

Pour cette raison, il est important que les équipes de planification s'appuient sur les compétences des géotechniciens.

La réflexion sur les possibilités de valorisation doit être poursuivie et affinée dans toutes les phases de mise en œuvre (avant-projet et projet d'exécution), pour en assurer la réalisation de manière adéquate.

LES PRINCIPALES MÉTHODES DE MISE EN ŒUVRE

Selon leur nature et le type de réutilisation envisagé, les matériaux d'excavation peuvent être utilisés :

Bruts	Les matériaux sont réutilisés tels quels.
Après criblage et/ou concassage	Les matériaux excavés sont traités pour en extraire les fractions les plus grossières et pour éliminer les fractions argileuses. Le granulat ainsi obtenu pourra être réutilisé de la même manière que celui extrait des gravières.
Avec traitement/stabilisation	Les matériaux excavés sont mélangés avec des liants hydrauliques (chaux ou ciment) pour obtenir les caractéristiques recherchées.

Pour certaines applications, un **renforcement** (remblais renforcés, techniques végétales, parement) est conseillé, voir indispensable.

Par ailleurs les techniques suivantes, très anciennes, permettent d'utiliser les matériaux d'excavation comme matériaux de construction :

Terre crue	Fabrication de briques en matériaux d'excavation compressés, avec ou sans stabilisation à la chaux ou au ciment. Le compactage est effectué avec une presse hydraulique. Ces briques servent généralement à la construction de murs.
Pisé	Procédé de construction de murs en «terre crue», compactée dans un coffrage en couches successives. Elle peut être «stabilisée» par l'ajout de ciment.
Matériaux de construction en molasse	Taille de blocs dans des bancs gréseux très durs d'épaisseur pluri-décimétrique. Ces blocs seront mis à profit pour la rénovation de bâtiments anciens.

LES CONTRAINTES

Selon la nature des matériaux d'excavation, la réutilisation envisagée, l'échelle du projet et son emplacement, le planificateur peut se trouver confronté à certaines «contraintes». Ces dernières peuvent cependant être maîtrisées si elles sont clairement identifiées en amont du chantier, c'est-à-dire lors de la planification du projet.

Les principaux facteurs contraignants suivants doivent notamment être pris en considération :

FACTEURS PROPRES AU PROJET	
Surface de stockage	Prévoir une surface de 400 à 600 m ² pour stocker 1000 m ³ . Certaines méthodes de traitement sur site nécessitent également passablement d'espace et, notamment en cas de stabilisation, la mise en œuvre d'une installation de traitement des eaux.
Présence de zones polluées	Prévoir une méthodologie de terrassement permettant de cibler les zones polluées.
Risques de tassements et de déformations	A prendre en considération pour les remblais et les consolidations des terrains d'assise des remblais.
Coûts liés à la mise en place et au traitement	Notamment lorsqu'une stabilisation est indispensable.
PLANNING DES TRAVAUX	
Temps nécessaire à la mise en place du remblai	Il dépend largement des conditions de mise en œuvre. Pour de grandes surfaces permettant la mise en œuvre d'engins de chantier puissants, par exemple un parking, un rendement de 800 à 900 m ³ /jour peut être atteint. Si le travail ne peut se faire qu'à petite échelle ou contre des bâtiments existants, le rendement sera de 100 à 200 m ³ /jour.
Délai d'attente pour aménagements ultérieurs	Ce délai est influencé par les modalités de mise en place. Pour les remblais stabilisés ou réalisés avec des matériaux de bonne qualité (contenant beaucoup de cailloux et/ou peu d'argiles), les aménagements de surfaces peuvent intervenir pratiquement immédiatement après la fin des remblayages. Pour les remblais réalisés avec des matériaux de qualité médiocre (argile pauvre ou sans cailloux) ou sans stabilisation, un délai d'attente d'une année est nécessaire avant la réalisation d'aménagements sensibles aux déformations.
FACTEURS EXTERNES	
Météorologie	La mise en place de remblais argileux n'est pas possible par temps pluvieux. Il faut donc tenir compte des risques météorologiques.
EMPLACEMENT/ ENVIRONNEMENT DU PROJET	
Présence de : - nappes souterraines - zone d'expansion des crues - zone instable	Dans ces cas, il faut tout d'abord vérifier avec les services cantonaux compétents la compatibilité des différentes solutions envisagées.

QUE FAIRE EN PRÉSENCE DE MATÉRIAUX POLLUÉS ?

La réutilisation des matériaux d'excavation n'est possible que pour les matériaux non pollués ainsi que, sous certaines conditions, pour les matériaux «tolérés».

Pour plus de détails, se référer à l'*Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets – OLED (Annexe 3.1 et 3.2)* et à la *Directive fédérale pour la valorisation, le traitement et le stockage des déblais et matériaux d'excavation* (OFEV, 1999). Ces documents définissent deux types de valeurs indicatives (appelées historiquement U et T) faisant référence aux principaux polluants (dont les métaux lourds et différents types d'hydrocarbures) :

En présence de parcelles non inscrites au cadastre des sites pollués, une première évaluation de la situation peut être effectuée – avant d'entreprendre des études plus approfondies – en se basant sur la règle suivante :

- Les remblais sont généralement pollués, raison pour laquelle les possibilités de valorisation sont réduites voire nulles. Une évacuation en décharge est à prévoir, selon le niveau de pollution.
- Les terrains meubles et rochers en place ne sont généralement pas pollués et peuvent être valorisés selon les recommandations des fiches techniques de ce guide.

Une «non inscription» au cadastre des sites pollués ne constitue pas une attestation de non pollution des matériaux d'excavation.

FICHES TECHNIQUES

QUELLE UTILISATION POUR QUEL MATÉRIAU ?

Les principales possibilités de réutilisation des matériaux d'excavation non pollués sont détaillées aux travers de 10 fiches techniques, organisées en fonction de la nature des matériaux concernés. Chaque fiche correspond à un regroupement de classes géologiques (voir détails en page 21) et comprend :

- les principales propriétés du matériau concerné
- les applications de mise en œuvre les mieux adaptées
- les facteurs contraignants ainsi que les modalités de stockage

GRAVIERS	Fiche technique n° 1	10
SABLES	Fiche technique n° 2	11
MORAINES LIMONEUSES	Fiche technique n° 3	12
LIMONS ARGILEUX FINEMENT SABLEUX SANS CAILLOUX	Fiche technique n° 4	13
ARGILES SANS CAILLOUX CONSOLIDÉES	Fiche technique n° 5	14
ARGILES SANS CAILLOUX PEU À SEMI-CONSOLIDÉES	Fiche technique n° 6	15
MORAINES ARGILEUSES CONSOLIDÉES	Fiche technique n° 7	16
MORAINES ARGILEUSES PEU À SEMI-CONSOLIDÉES	Fiche technique n° 8	17
MOLASSE GRISE	Fiche technique n° 9	18
MOLASSE ROUGE	Fiche technique n° 10	19
TABLEAU DE SYNTHÈSE DES DIVERSES UTILISATIONS POSSIBLES		20

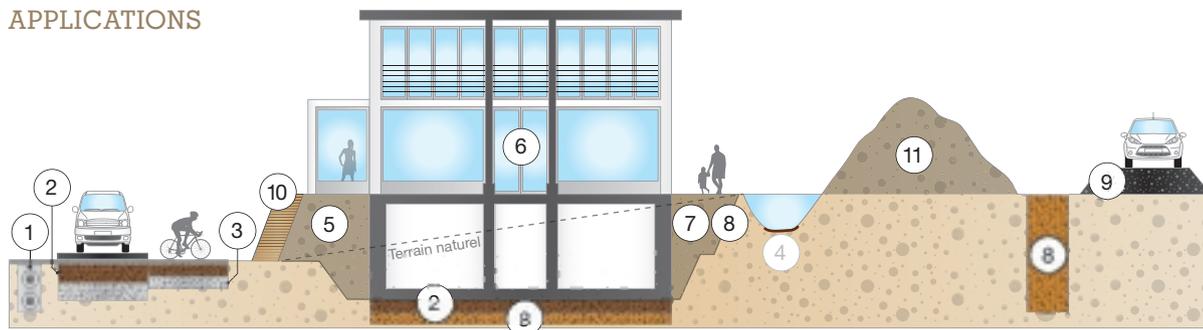
Les aspects relatifs aux méthodes d'excavation ne sont pas traités dans ces fiches.

GRAVIERS 4α/6α/9α

PROPRIÉTÉS

Perméables, peu sensibles à l'eau et au gel-dégel.

APPLICATIONS



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

FACTEURS CONTRAIGNANTS PARTICULIERS CONCERNANT LE RÉEMPLOI

En cas de concassage et/ou criblage *in situ*, prévoir la surface nécessaire à l'installation.

FACTEURS CONTRAIGNANTS GÉNÉRAUX CONCERNANT LE RÉEMPLOI

Pour les buttes paysagères, prévoir une finition (terre végétale, gravillons, etc.).

STOCKAGE TEMPORAIRE

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 À PRÉCISER AVEC L'AIDE D'UN GÉOTECHNICIEN

Ces matériaux d'excavation peuvent-ils être criblés de façon économique ?

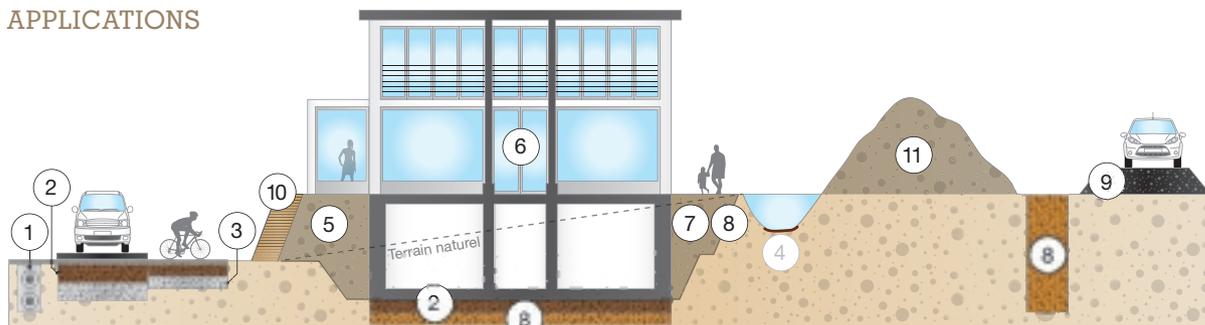
Voir «Connaissances pré-requises» page 38

SABLES 4b/6b/9b

PROPRIÉTÉS

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

APPLICATIONS



1	Remblayage tranchées de collecteurs	utilisation brute
2	Couche de fondation	utilisation brute, éventuellement criblage
3	Couche de forme infrastructure routière	utilisation brute
4	Etanchement	inadaptée
5	Surélévation terrain	utilisation brute
6	Matériaux de construction	selon granulométrie: matériaux valorisables ou recyclables
7	Remblayage contre ouvrages	utilisation brute
8	Drainage	généralement inadaptée sauf pour les sables grossiers
9	Digue ou remblais pour infrastructure routière	utilisation stabilisée
10	Modelage paysager avec renforcement	utilisation brute
11	Modelage paysager sans renforcement	utilisation brute avec éventuellement réduction des pentes

FACTEURS CONTRAIGNANTS PARTICULIERS CONCERNANT LE RÉEMPLOI

Sables fins susceptibles de fluer en présence d'eau.

STOCKAGE TEMPORAIRE

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.

FACTEURS CONTRAIGNANTS GÉNÉRAUX CONCERNANT LE RÉEMPLOI

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

ÉLÉMENTS À PRÉCISER AVEC L'AIDE D'UN GÉOTECHNICIEN

S'agit-il de sable fin ou grossier ?

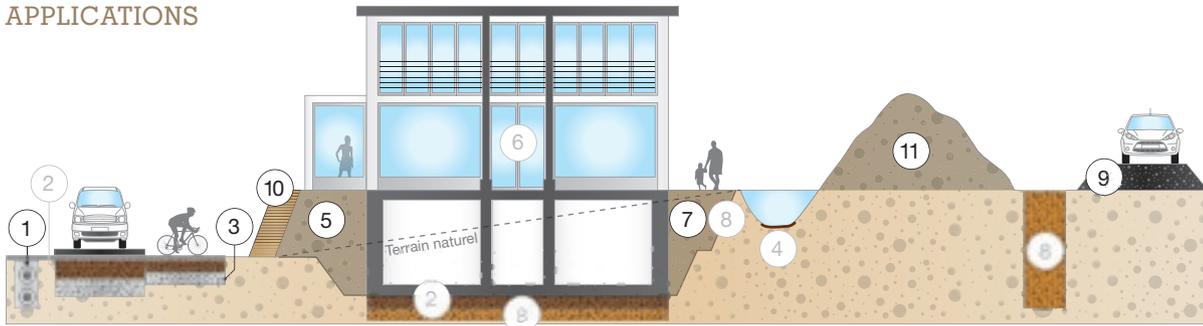
Voir «Connaissances pré-requises» page 38

MORAINES LIMONEUSES 7c12/7c1

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	Modélage paysager avec renforcement	utilisation brute ou stabilisée
11	Modélage 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 ?

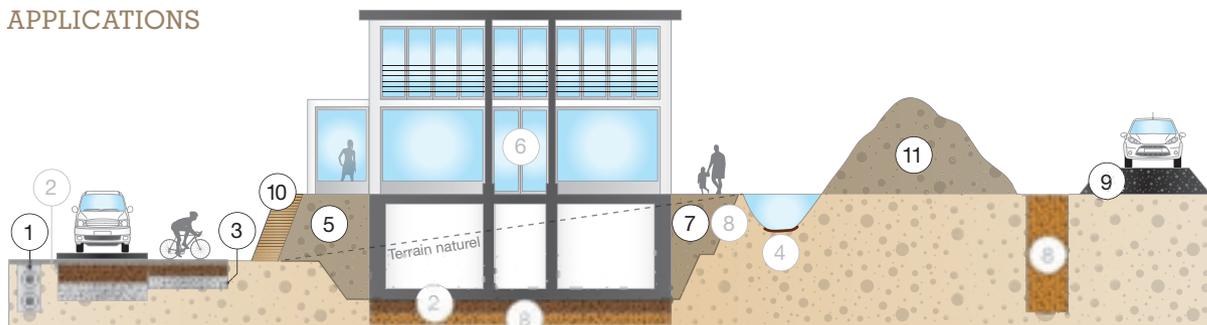
Voir «Connaissances pré-requises» page 38

LIMONS ARGILEUX FINEMENT SABLEUX SANS CAILLOUX 4c/6c2/6c12/6c1

PROPRIÉTÉS

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

APPLICATIONS



1	Remblayage tranchées de collecteurs	utilisation brute ou stabilisée
2	Couche de fondation	inadaptée
3	Couche de forme infrastructure routière	utilisation stabilisée
4	Etanchement	inadaptée
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, avec réduction des pentes à 1V/2H

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.

Susceptibles de fluer en présence d'eau.

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.

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,...).

ÉLÉMENTS À PRÉCISER AVEC L'AIDE D'UN GÉOTECHNICIEN

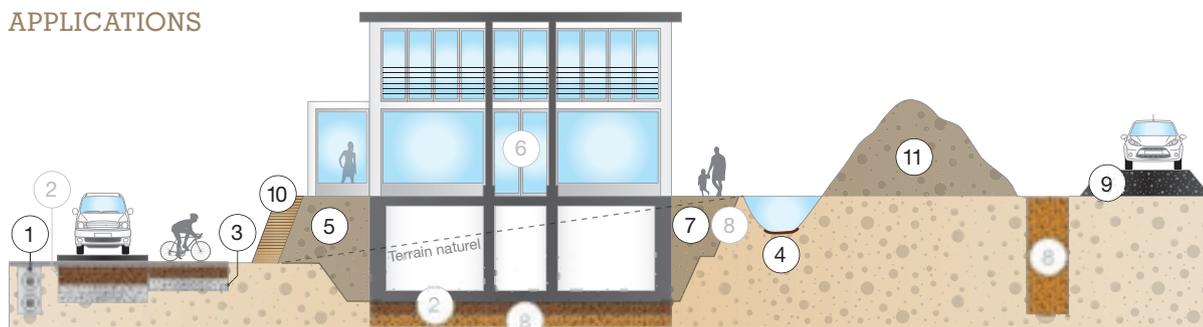
Voir «Connaissances pré-requises» page 38

ARGILES SANS CAILLOUX CONSOLIDÉES 6d1/6e1

PROPRIÉTÉS

Quasi imperméables, plastiques à très plastiques, très sensibles à l'altération, sensibles au gel-dégel.
Risques de variations volumétriques (retrait – gonflement).

APPLICATIONS



1	Remblayage tranchées de collecteurs	utilisation stabilisée
2	Couche de fondation	inadaptée
3	Couche de forme infrastructure routière	utilisation stabilisée
4	Etanchement	utilisation brute dans le cas de la catégorie de matériaux 6e1 uniquement, sinon peu adaptée
5	Surélévation terrain	utilisation brute ou stabilisée selon exigences en matière de déformations/tassements
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 stabilisée
10	Modélage paysager avec renforcement	utilisation brute ou stabilisée selon méthode envisagée
11	Modélage paysager sans renforcement	utilisation brute, avec réduction des pentes à 1V/2H

FACTEURS CONTRAIGNANTS PARTICULIERS CONCERNANT LE RÉEMPLOI

Attention aux tassements.

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

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.

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,...).

ÉLÉMENTS À PRÉCISER AVEC L'AIDE D'UN GÉOTECHNICIEN

Voir «Connaissances pré-requises» page 38

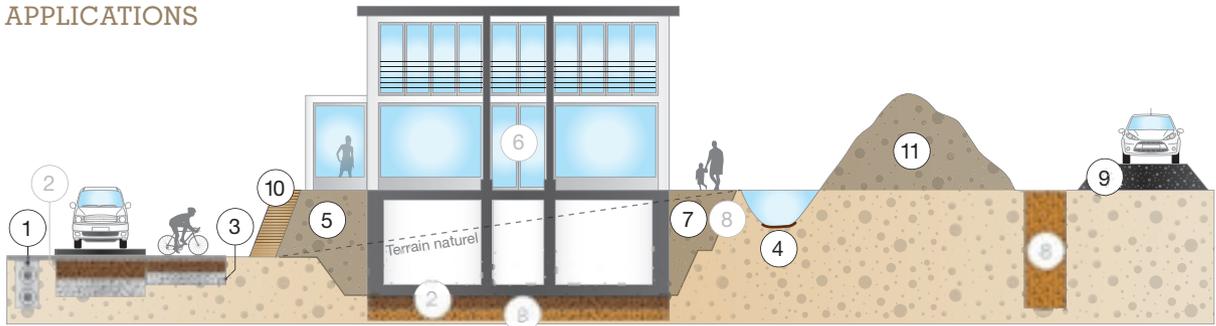
Exemples - Remblayage contre ouvrage – Fiche exemple n° VI
- Surélévation terrain – Fiche exemple n° V
- Butte paysagère – Fiche exemple n° X

ARGILES SANS CAILLOUX PEU À SEMI-CONSOLIDÉES 6d2/6d12/6e2/6e12

PROPRIÉTÉS

Quasi imperméables, plastiques à très plastiques, très sensibles à l'altération, sensibles au gel-dégel. Risques de variations volumétriques (retrait – gonflement).

APPLICATIONS



1	Remblayage tranchées de collecteurs	utilisation stabilisée
2	Couche de fondation	inadaptée
3	Couche de forme infrastructure routière	utilisation stabilisée
4	Etanchement	utilisation brute dans le cas de la catégorie de matériaux 6e2 – 6e12 uniquement, sinon peu adaptée
5	Surélévation terrain	utilisation stabilisée
6	Matériaux de construction	inadaptée
7	Remblayage contre ouvrages	utilisation stabilisée
8	Drainage	inadaptée
9	Digue ou remblais pour infrastructure routière	utilisation stabilisée
10	Modelage paysager avec renforcement	utilisation brute ou stabilisée selon méthode envisagée
11	Modelage paysager sans renforcement	utilisation brute, avec réduction des pentes à 1V/2H

FACTEURS CONTRAIGNANTS PARTICULIERS CONCERNANT LE RÉEMPLOI

A l'état brut, difficultés de mise en œuvre et de compactage.

Attention aux tassements.

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

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.

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,...).

ÉLÉMENTS À PRÉCISER AVEC L'AIDE D'UN GÉOTECHNICIEN

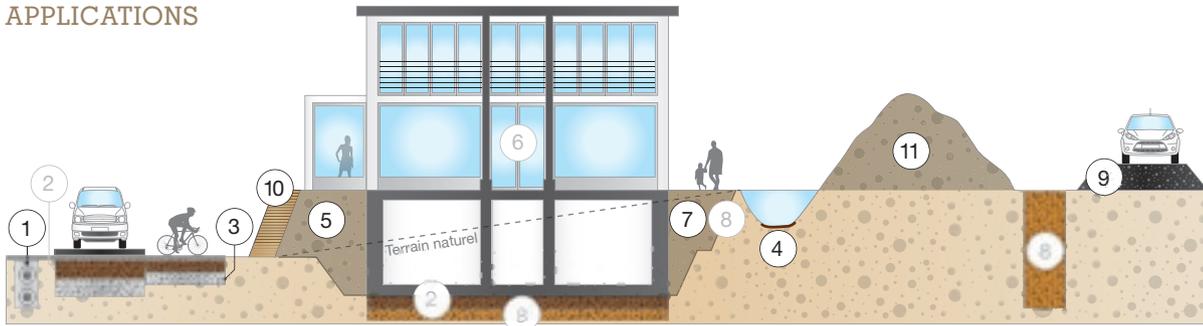
Voir «Connaissances pré-requises» page 38

MORAINES ARGILEUSES CONSOLIDÉES 7d1/7e1

PROPRIÉTÉS

Quasi imperméables, plastiques, très sensibles à l'altération, sensibles au gel-dégel.

APPLICATIONS



1	Remblayage tranchées de collecteurs	utilisation brute ou stabilisée selon exigences en matière de déformations/tassements
2	Couche de fondation	inadaptée
3	Couche de forme infrastructure routière	utilisation stabilisée
4	Etanchement	utilisation brute dans le cas de la catégorie de matériaux 7e1 uniquement, sinon peu adaptée
5	Surélévation terrain	utilisation brute ou stabilisée selon exigences en matière de déformations/tassements
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 stabilisée
10	Modelage paysager avec renforcement	utilisation brute ou stabilisée selon méthode envisagée
11	Modelage paysager sans renforcement	utilisation brute, avec réduction des pentes à 1V/2H

FACTEURS CONTRAIGNANTS PARTICULIERS CONCERNANT LE RÉEMPLOI

En fonction du type de réemploi, éventuellement criblage – concassage.

Attention aux tassements.

En cas de stabilisation, prévoir la gestion des infiltrations d'eau en présence d'une nappe 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 À PRÉCISER AVEC L'AIDE D'UN GÉOTECHNICIEN

La moraine est-elle riche en cailloux ?

Quelles possibilités de valorisation par lavage ?

Voir «*Connaissances pré-requises*» page 38

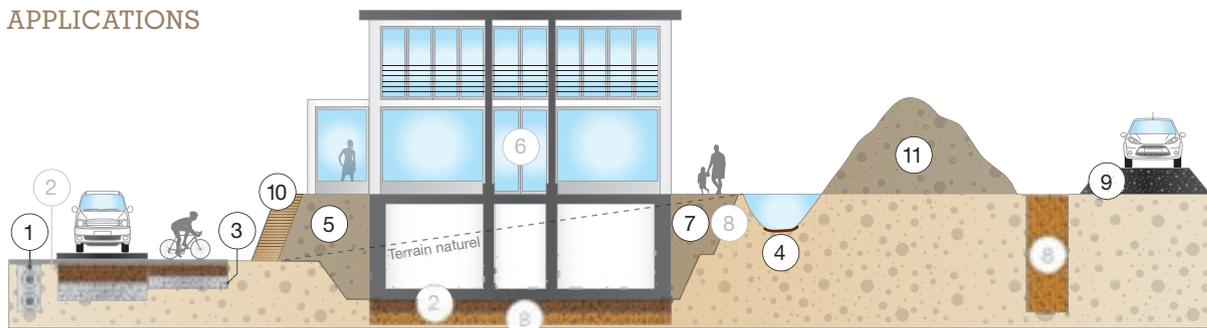
Exemples - Modelage paysager – Fiche exemple n° XII
 - Couche de forme infrastructure routière – Fiche exemple n° I
 - Remblai renforcé – Fiche exemple n° VII
 - Talus antibruit – Fiche exemple n° IX

MORAINES ARGILEUSES PEU À SEMI-CONSOLIDÉES 7d2/7d12/7e2/7e12

PROPRIÉTÉS

Quasi imperméables, plastiques à très plastiques, très sensibles à l'altération, sensibles au gel-dégel.

APPLICATIONS



1	Remblayage tranchées de collecteurs	utilisation brute ou stabilisée selon exigences en matière de déformations/tassements
2	Couche de fondation	inadaptée
3	Couche de forme infrastructure routière	utilisation stabilisée
4	Etanchement	utilisation brute dans le cas de la catégorie de matériaux 7e2 – 7e12 uniquement, sinon peu adaptée
5	Surélévation terrain	utilisation brute ou stabilisée selon exigences en matière de déformations/tassements
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 stabilisée
10	Modélage paysager avec renforcement	utilisation brute ou stabilisée selon méthode envisagée
11	Modélage paysager sans renforcement	utilisation brute, avec réduction des pentes à 1V/2H

FACTEURS CONTRAIGNANTS PARTICULIERS CONCERNANT LE RÉEMPLOI

A l'état brut, peut présenter des difficultés de mise en œuvre et compactage.

En fonction du type de réemploi, éventuellement criblage – concassage.

Attention aux tassements.

En cas de stabilisation, prévoir la gestion des infiltrations d'eau en présence d'une nappe 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 À PRÉCISER AVEC L'AIDE D'UN GÉOTECHNICIEN

La moraine est-elle riche en cailloux ?

Quelles possibilités de valorisation par lavage ?

Voir «Connaissances pré-requises» page 38

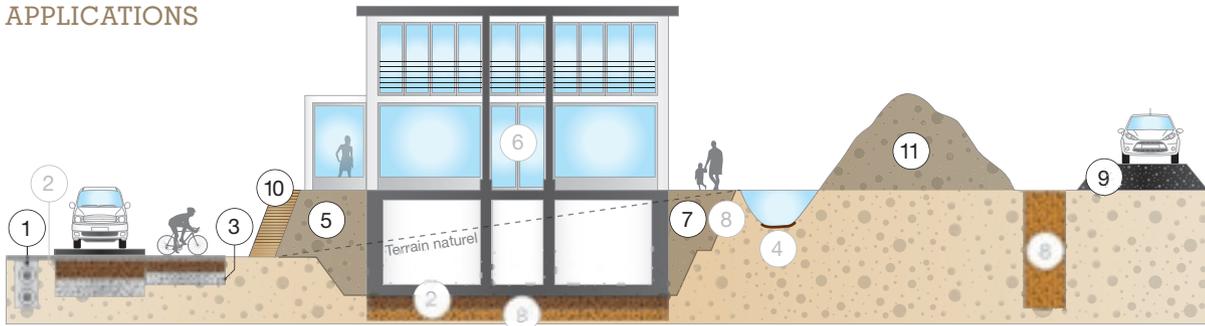
Exemples - Couche de forme infrastructure routière – Fiche exemple n° I
- Talus anti-bruit – Fiche exemple n° IX
- Etanchement – Fiches exemples n° II et III

MOLASSE GRISE 14

PROPRIÉTÉS

Très sensible à l'altération.

APPLICATIONS



1	Remblayage tranchées de collecteurs	réduction de la taille des blocs par concassage ou altération
2	Couche de fondation	inadaptée
3	Couche de forme infrastructure routière	réduction de la taille des blocs par concassage ou altération
4	Etanchement	inadaptée
5	Surélévation terrain	réduction de la taille des blocs par concassage ou altération
6	Matériaux de construction	matériaux de construction bruts – taille de blocs dans des bancs gréseux très durs
7	Remblayage contre ouvrages	réduction de la taille des blocs par concassage ou altération
8	Drainage	inadaptée
9	Digue ou remblais pour infrastructure routière	réduction de la taille des blocs par concassage ou altération
10	Modelage paysager avec renforcement	réduction de la taille des blocs par concassage ou altération
11	Modelage paysager sans renforcement	réduction de la taille des blocs par concassage ou altération

FACTEURS CONTRAIGNANTS PARTICULIERS CONCERNANT LE RÉEMPLOI

Tri selon la nature (gréseuse, marneuse) difficilement réalisable.

Grande disponibilité de surface pour l'installation de criblage et concassage.

Dans certains cas, vu la présence de gypse et anhydrite solubles, possible attaque du béton par les sulfates.

Très sensible à l'altération à court terme lors de la mise en œuvre ou à long terme sous l'action de contraintes mécaniques ou sous l'action de l'eau et du gel-dégel.

FACTEURS CONTRAIGNANTS GÉNÉRAUX CONCERNANT LE RÉEMPLOI

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

STOCKAGE TEMPORAIRE

Stockage en andain.

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

Quelle est la nature de la molasse (marneuse ou gréseuse) ?

Ces matériaux sont-ils exploitables comme matériaux de construction ?

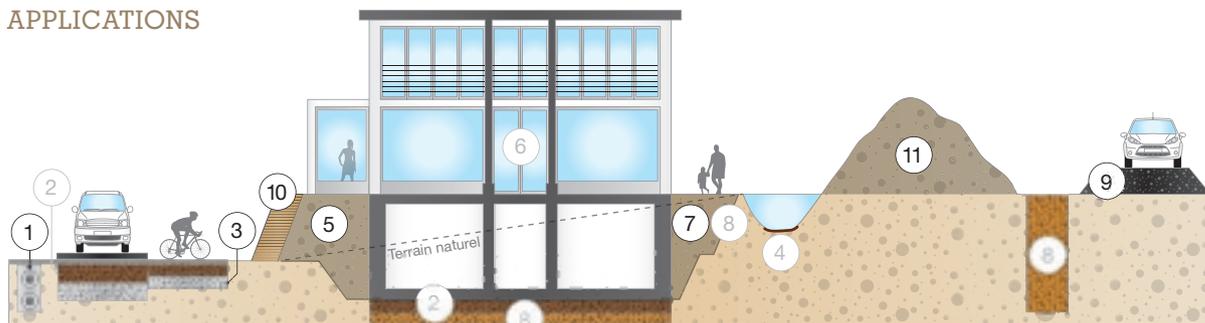
Voir «*Connaissances pré-requises*» page 38

MOLASSE ROUGE 15

PROPRIÉTÉS

Très sensible à l'altération.

APPLICATIONS



1	Remblayage tranchées de collecteurs	réduction de la taille des blocs par concassage ou altération
2	Couche de fondation	inadaptée
3	Couche de forme infrastructure routière	réduction de la taille des blocs par concassage ou altération
4	Etanchement	inadaptée
5	Surélévation terrain	réduction de la taille des blocs par concassage ou altération
6	Matériaux de construction	matériaux de construction bruts – taille de blocs dans des bancs gréseux très durs
7	Remblayage contre ouvrages	réduction de la taille des blocs par concassage ou altération
8	Drainage	inadaptée
9	Digue ou remblais pour infrastructure routière	réduction de la taille des blocs par concassage ou altération
10	Modelage paysager avec renforcement	réduction de la taille des blocs par concassage ou altération
11	Modelage paysager sans renforcement	réduction de la taille des blocs par concassage ou altération

FACTEURS CONTRAIGNANTS PARTICULIERS CONCERNANT LE RÉEMPLOI

Tri selon la nature (gréseuse, marneuse) difficilement réalisable.

Grande disponibilité de surface pour l'installation de criblage et concassage.

Très sensible à l'altération à court terme lors de la mise en œuvre ou à long terme sous l'action de contraintes mécaniques ou sous l'action de l'eau et du gel-dégel.

FACTEURS CONTRAIGNANTS GÉNÉRAUX CONCERNANT LE RÉEMPLOI

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

STOCKAGE TEMPORAIRE

Stockage en andain.

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 À PRÉCISER AVEC L'AIDE D'UN GÉOTECHNICIEN

Quelle est la nature de la molasse (marneuse ou gréseuse) ?

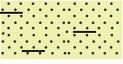
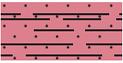
Ces matériaux sont-ils exploitables comme matériaux de construction ?

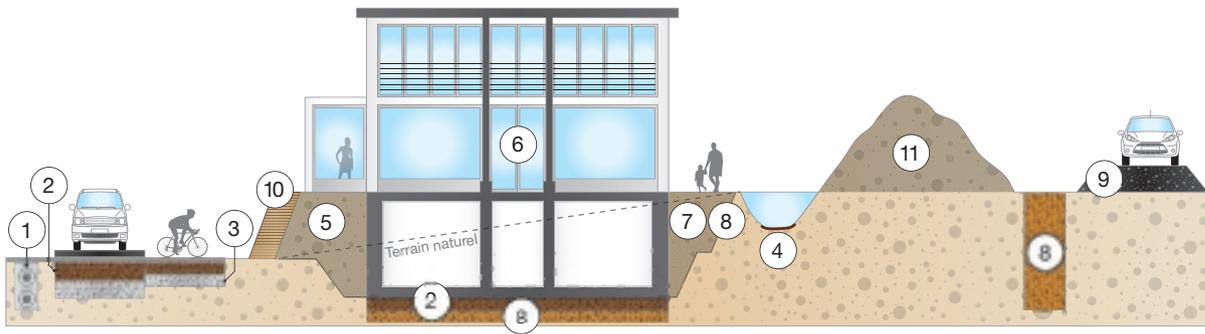
Voir «Connaissances pré-requises» page 38

TABLEAU DE SYNTHÈSE DES DIVERSES UTILISATIONS POSSIBLES

Terrains meubles : Si le regroupement proposé laisse paraître des différences nettes entre les catégories, un certain recouvrement de leurs propriétés (granulométrie, consistance, etc.) existe en réalité. Il est donc évident qu'une expertise géotechnique est indispensable.

Roches : La molasse est divisée en deux catégories correspondant à la classification géologique genevoise. Bien que les deux molasses soient constituées d'une succession de strates de nature différente (du grès aux marnes avec tous leurs intermédiaires), un tri n'est généralement ni réalisable ni utile lors de terrassements.

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
Remblayage tranchées de collecteurs	Couche de fondation	Couche de forme d'infrastructure routière	Etanchement	Surélévation terrain	Matériaux de construction	Remblayage contre ouvrages	Drainage	Digue ou remblais pour infrastructure routière	Modelage paysager avec renforcement	Modelage paysager sans renforcement
✓	☞	☞	✗	☞	✓	✓	☞	☞	✓	✓
☞	☞	☞	✗	☞	✓	✓	grossier ✓ fins à moyens ✗	☞	☞	☞
✓	☞	☞	✗	☞	✗	☞	✗	☞	☞	✓
☞	✗	☞	✗	☞	✗	☞	✗	☞	☞	☞
☞	✗	☞	6e ✓ 6d ✗	☞	✗	☞	✗	☞	☞	☞
☞	✗	☞	6e ✓ 6d ✗	☞	✗	☞	✗	☞	☞	☞
☞	✗	☞	7e ✓ 7d ✗	☞	✗	☞	✗	☞	☞	☞
☞	✗	☞	7e ✓ 7d ✗	☞	✗	☞	✗	☞	☞	☞
☞	✗	☞	✗	☞	☞	☞	✗	☞	☞	☞
☞	✗	☞	✗	☞	☞	☞	✗	☞	☞	☞

- ✓ = Réutilisable sans contraintes particulières
- ☞ = Réutilisable sous conditions (voir fiches techniques)
- ✗ = Non réutilisable ou difficilement réutilisable

CATÉGORIES DE MATÉRIAUX D'EXCAVATION NON POLLUÉS EN FONCTION DE LEURS CARACTÉRISTIQUES

Les classes géologiques genevoises les plus fréquemment rencontrées ont été regroupées en 10 catégories selon le tableau ci-contre. Les matériaux mentionnés au sein d'une même catégorie présentent des propriétés relativement proches en matière de réutilisation (quand bien même ils peuvent avoir des caractéristiques très différentes avant excavation). Cette classification tient compte des paramètres d'identification en laboratoire suivants :

- teneur en eau (w)
- masse volumique (ρ)
- consistance apparente (qp)
- résistance au cisaillement (su)
- description
- granulométrie
- limite de liquidité (w_l) et indice de plasticité (I_p)

CLASSIFICATION GÉOLOGIQUE DU SOUS-SOL GENEVOIS

La classification géologique du sous-sol genevois a été élaborée durant la seconde moitié des années 1960 et complétée en 1997 par une étude statistique. Les différentes couches mentionnées dans ce guide font référence à cette classification, basée sur 3 paramètres :

- **un numéro** représentant l'origine géologique de la formation, complété par sa dénomination stratigraphique couramment admise
- **une lettre** représentant la nature géotechnique, le domaine de plasticité et l'éventuelle présence de matériaux organiques
- **un indice** indiquant le degré de consolidation ou d'altération (consistance/compacité)

Exemple : Une moraine würmienne limono-argileuse consolidée sera notée «couche 7d1».

Seules les «couches» les plus représentatives sont traitées dans ce guide. Les couches de moindre importance, car généralement de faible épaisseur ou rencontrées lors d'excavations profondes, pourront être traitées par analogie.

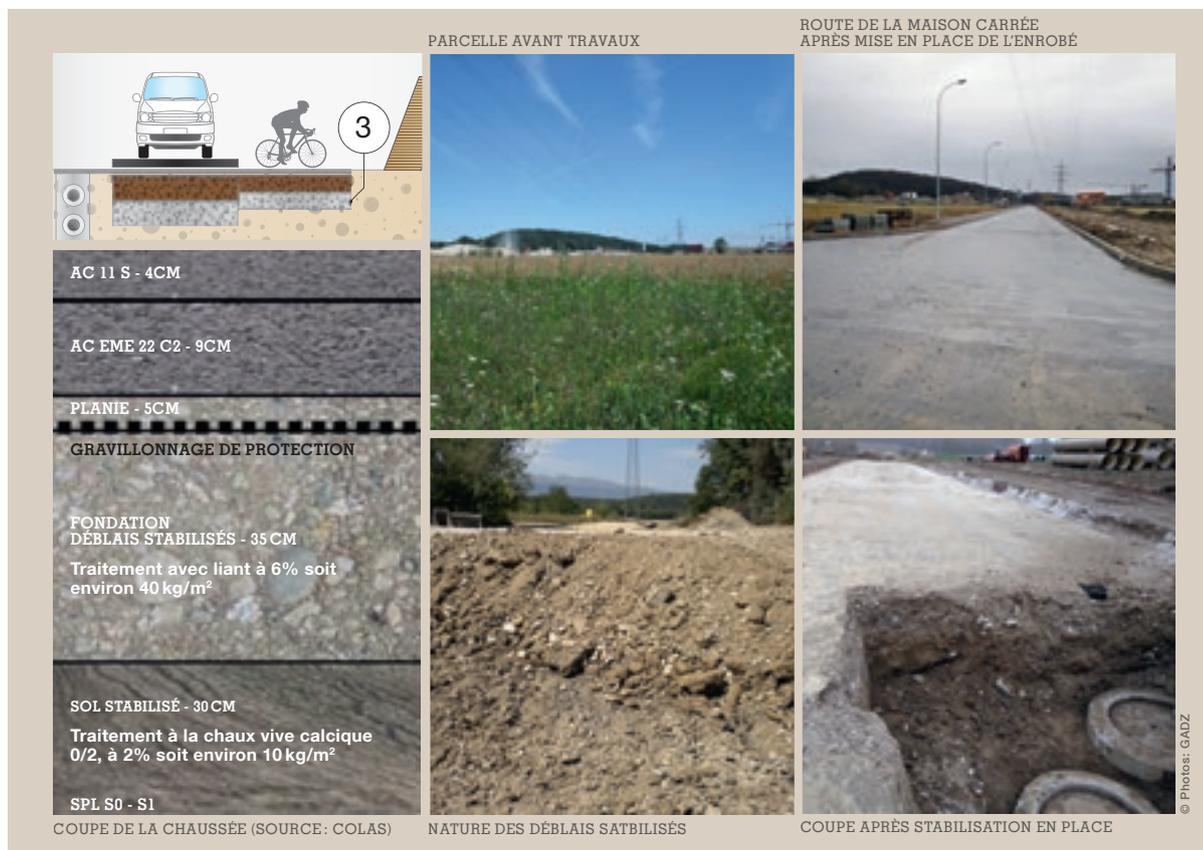
FICHES EXEMPLES

POSSIBILITÉS DE RÉUTILISATION
DES MATÉRIAUX D'EXCAVATION

Les principales possibilités de réutilisation de matériaux d'excavation non pollués sont illustrées aux travers de 14 fiches d'exemples présentant des réalisations concrètes.

COUCHE DE FORME – INFRASTRUCTURE ROUTIÈRE	Exemple I	24
ÉTANCHEMENT	Exemples II et III	25 et 26
REMBLAYAGE DE VALLON	Exemple IV	27
SURÉLÉVATION DE TERRAIN	Exemple V	28
REMBLAYAGE CONTRE OUVRAGE ET MODELAGE PAYSAGER	Exemple VI	29
REMBLAI RENFORCÉ	Exemple VII	30
REMBLAI STABILISÉ RENFORCÉ EN FRONT	Exemple VIII	31
TALUS ANTIBRUIT	Exemple IX	32
BUTTE PAYSAGÈRE	Exemple X	33
MODELAGE PAYSAGER	Exemples XI et XII	34 et 35
MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION	Exemple XIII	36
CONSTRUIRE AVEC LES MATÉRIAUX D'EXCAVATION	Exemple XIV	37

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

Maître 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).

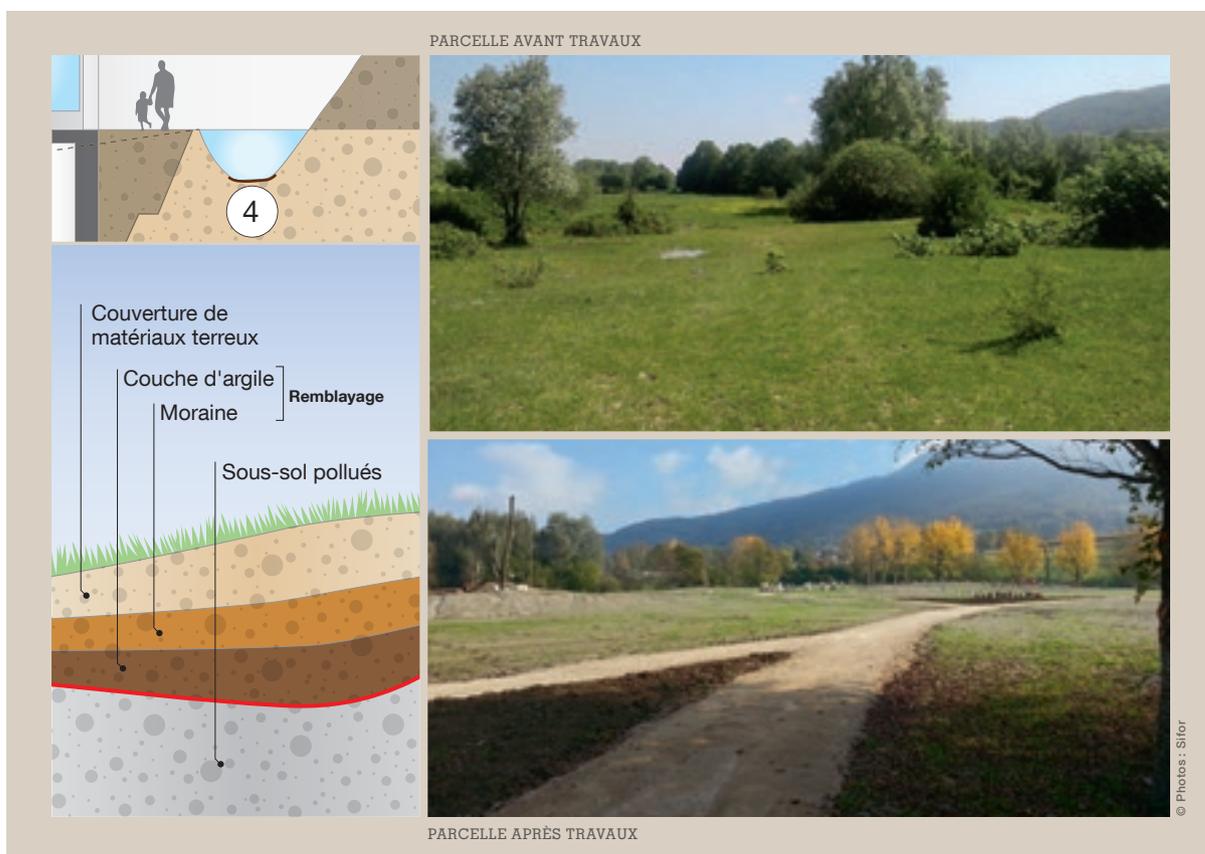
MÉTHODE DE MISE EN ŒUVRE

Stabilisation et compactage des remblais en place sur 30 cm d'épaisseur par de la chaux vive calcique 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.

ETANCHEMENT (Remblayage étanche)



Ouvrage

«Marais du Lissoud» : Réhabilitation du site pollué
(une ancienne casse automobile)

Lieu

Saint Cergues (France - 74)

Maître d'Ouvrage

Sifor - Syndicat intercommunal du Foron

Date des travaux

Juin à novembre 2014

Nature des déblais réutilisés

Argile sans cailloux peu consolidée (6e12)
Moraine argileuse (7d)

MÉTHODE DE MISE EN ŒUVRE

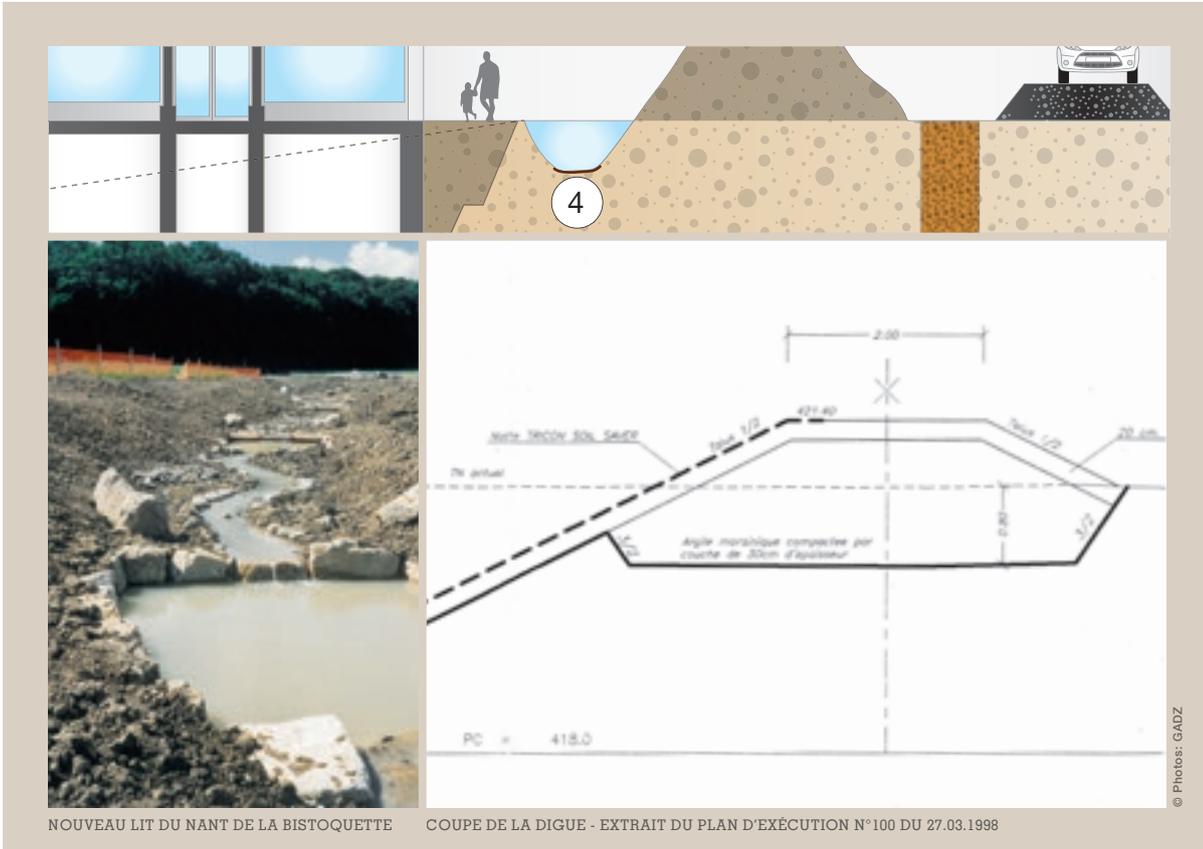
La zone polluée a été confinée par la mise en place de 30 cm minimum d'argile grise (10-8) sur toute la surface du terrain suivie par 20 à 30 cm de moraine semi-perméable.

COMMENTAIRES

La teneur en eau de l'argile doit être contrôlée et l'épaisseur adaptée aux conditions climatiques lors de la mise en œuvre.

Pour les secteurs sur lesquels l'apport de matériaux terreux n'était pas prévu, la moraine a dû être retravaillée par broyage et amendée en apport nutritif et agent fixateur.

ÉTANCHEMENT (digue)



NOUVEAU LIT DU NANT DE LA BISTOQUETTE

COUPE DE LA DIGUE - EXTRAIT DU PLAN D'EXECUTION N°100 DU 27.03.1998

© Photos: GADZ

Ouvrage

Nant de la Bistoquette

Lieu

Près de Drize (Plan-les-Ouates)

Maître d'Ouvrage

Canton de Genève - Commune de Plan-les-Ouates

Date des travaux

Mars à avril 1998

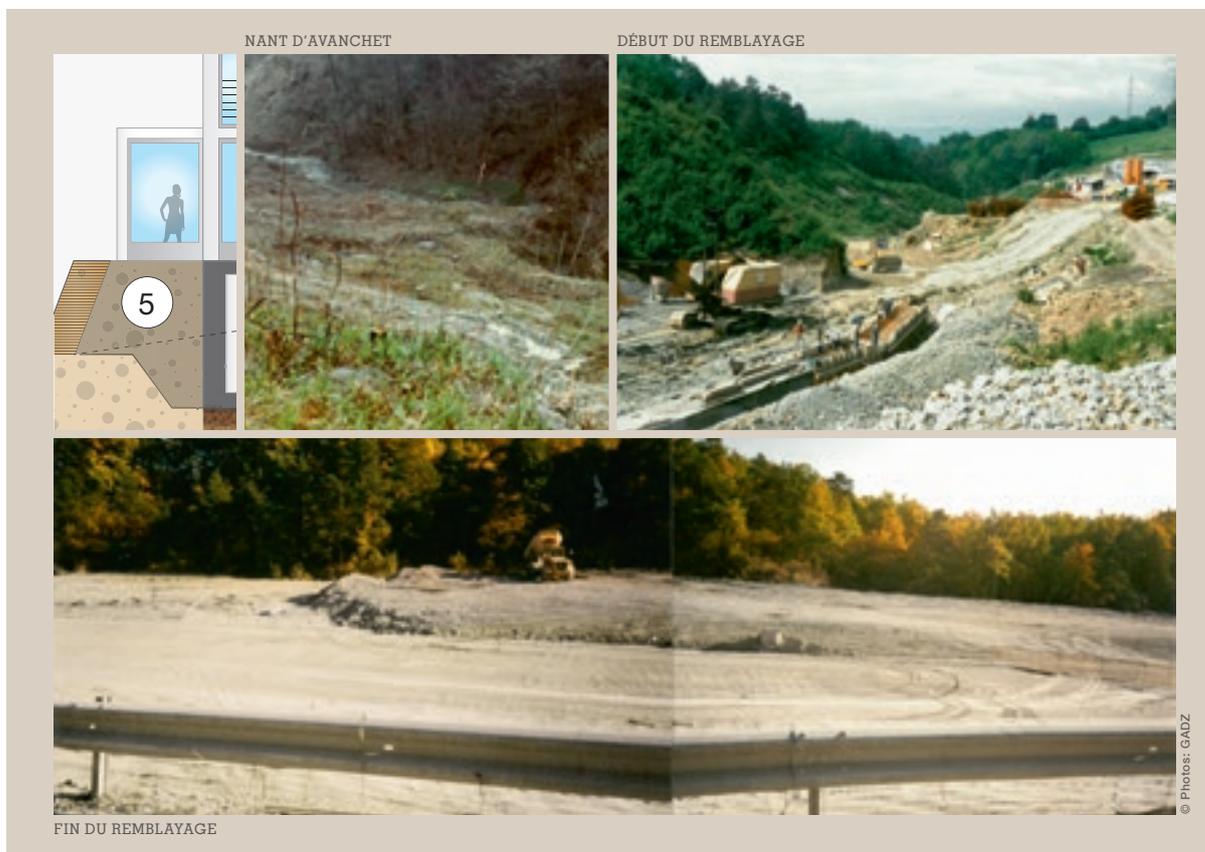
NATURE DES DÉBLAIS RÉUTILISÉS

Moraine argileuse peu consolidée (couche 7e2).

MÉTHODE DE MISE EN ŒUVRE

Mise en œuvre et compactage des déblais, par couche de 30 cm environ sur une hauteur maximale de 1.30m.

REMBLAYAGE DE VALLON



Ouvrage

Remblayage du Nant d'Avanchet pour support de l'autoroute et d'un collecteur EP

Lieu

Nant d'Avanchet - Autoroute de contournement de Genève

Maître d'Ouvrage

D.T.P - Service des Routes Nationales

Date des travaux

Juin 1987 à mai 1990

NATURE DES DÉBLAIS RÉUTILISÉS

Essentiellement molasse grise à gypse du Chattien supérieur (couche 14). Principalement des marnes plus ou moins gréseuses, feuilletées et renfermant du gypse, ou en bancs.

MÉTHODE DE MISE EN ŒUVRE

Mise en place de la molasse par couche d'environ 30 cm et compactage.

COMMENTAIRES

Mise en place de près de 200 000 m³ sur une épaisseur atteignant 20 m.

Mise en œuvre sans difficultés apparentes lorsque la molasse est fraisée. Plus difficile lorsqu'il s'agit de molasse ripée en raison des blocs de gypse ou par temps fortement pluvieux.

Même bien compacté, un remblai de molasse marneuse reste relativement compressible.

Aucun désordre n'a été observé depuis la mise en œuvre.

SURELEVATION DE TERRAIN



Ouvrage

Unité carcérale psychiatrique Curabilis

Lieu

Proximité du site de Champ Dollon (Thônex)

Maître d'Ouvrage

DCTI – Direction des Bâtiments

Date des travaux

Novembre 2010 à novembre 2011

NATURE DES DÉBLAIS RÉUTILISÉS

Colluvions (couche 3) et remblais à dominante limono-argileuse avec quelques cailloux et passées de sable plus ou moins limoneux, assimilables à des formations de retrait (couche 6d1).

MÉTHODE DE MISE EN ŒUVRE

Les colluvions sont stabilisés en place avec un liant 50% chaux – 50 % ciment dosé à 5%, soit environ 40 kg/m².

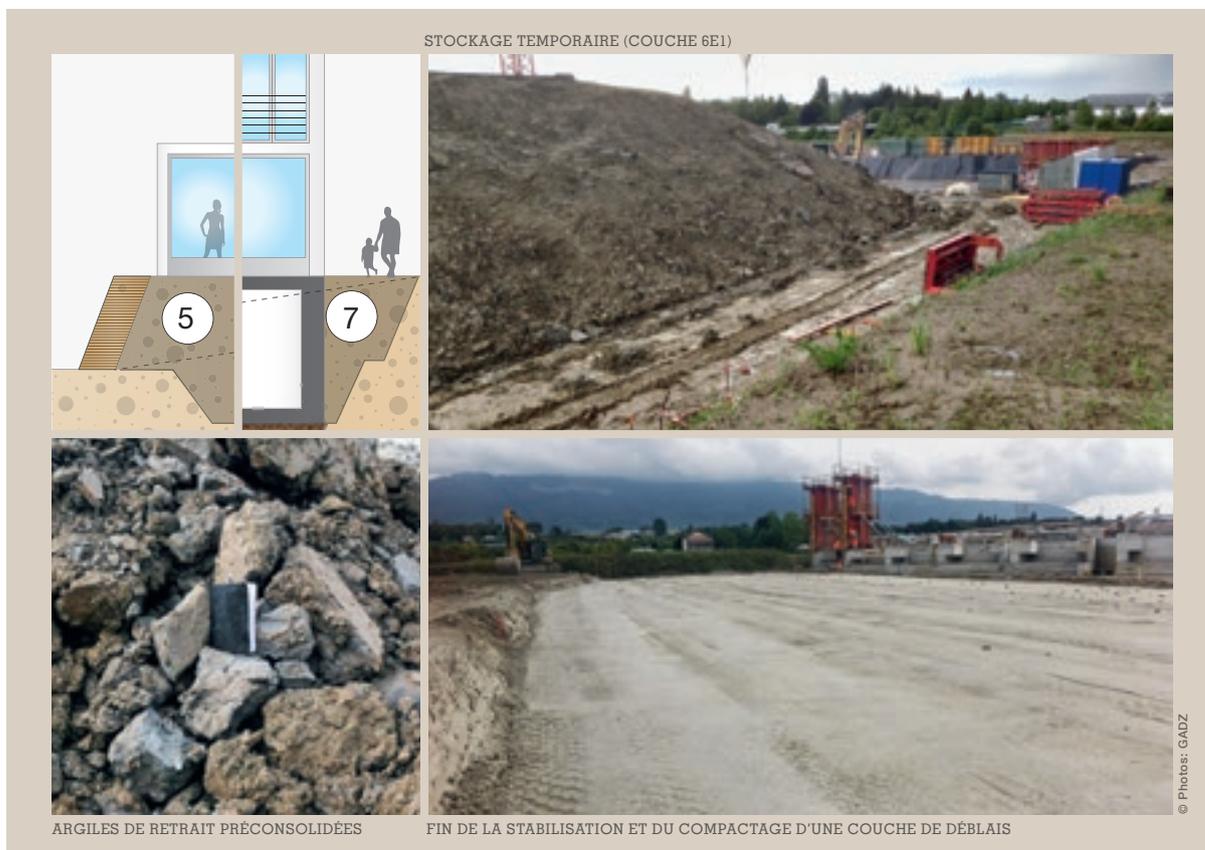
Les déblais sont traités avec le même liant par couche de 40 cm et compactés.

COMMENTAIRES

Le remblayage pour la surélévation atteint une hauteur maximale de 3 m.

REMBLAYAGE CONTRE OUVRAGE ET MODELAGE PAYSAGER

(PLATE-FORME ROUTIÈRE)



Ouvrage

Halle Union Maraîchère Genevoise

Lieu

Route de Base (Perly)

Maître d'Ouvrage

Union Maraîchère 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.

REMBLAI RENFORCÉ



Ouvrage

Migros Bricolaisirs Porte de Nyon

Lieu

Route de la Gravette sur la commune de Nyon

Maître d'Ouvrage

Migros

Date des travaux

Juin 2012 à février 2013

NATURE DES DÉBLAIS RÉUTILISÉS

Moraine limono-argileuse consolidée relativement pauvre en cailloux (couche 7d).

MÉTHODE DE MISE EN ŒUVRE

Mise en œuvre et compactage des déblais, par couche de 25 cm, à l'arrière des éléments frontaux grillagés puis remplissage du parement en pierres concassées.

Pose, tous les 50 cm, d'une géogrille de renforcement de sol.

COMMENTAIRES

La nature des matériaux, leur teneur en eau naturelle ainsi que leur cohésion ont rendu difficile un compactage de qualité, ce qui a entraîné des déformations de l'ouvrage.

Une stabilisation des déblais par un liant 20% chaux – 80% ciment aurait été plus appropriée ou encore un remblayage en matériaux sableux ou graveleux.

REMBLAI STABILISÉ RENFORCÉ EN FRONT



Ouvrage

Halle Montant

Lieu

Satigny – Zone industrielle du Bois-de-Bay

Maître d'Ouvrage

Montant Matériaux

Date des travaux

Novembre 2011

NATURE DES DÉBLAIS RÉUTILISÉS

Matériaux graveleux dans une matrice sablo-limoneuse sans grande cohésion, assimilables à une moraine (couche 7c).

MÉTHODE DE MISE EN ŒUVRE

Mise en place et compactage, par couche de 30 cm, de déblais stabilisés au liant 30% chaux – 70% ciment dosé à 4%, soit environ 25 kg/m².

Pose tous les 60 cm d'une géogrille en front de talus sur 4 m de haut.

TALUS ANTIBRUIT



TALUS ANTIBRUIT

Ouvrage

Autoroute Genève-Lausanne

Lieu

Sud-Est de l'autoroute à hauteur du village de Duillier

Maître d'Ouvrage

Commune de Duillier

Date des travaux

Janvier 1994 à mai 1998

NATURE DES DÉBLAIS RÉUTILISÉS

Essentiellement matériaux morainiques limono-argileux à limoneux, généralement pauvres en cailloux. Assimilables à une moraine pauvre en cailloux (couche 7d).

MÉTHODE DE MISE EN ŒUVRE

Mise en place en deux couches d'épaisseur variable.

Pente du talus à 2V/3H.

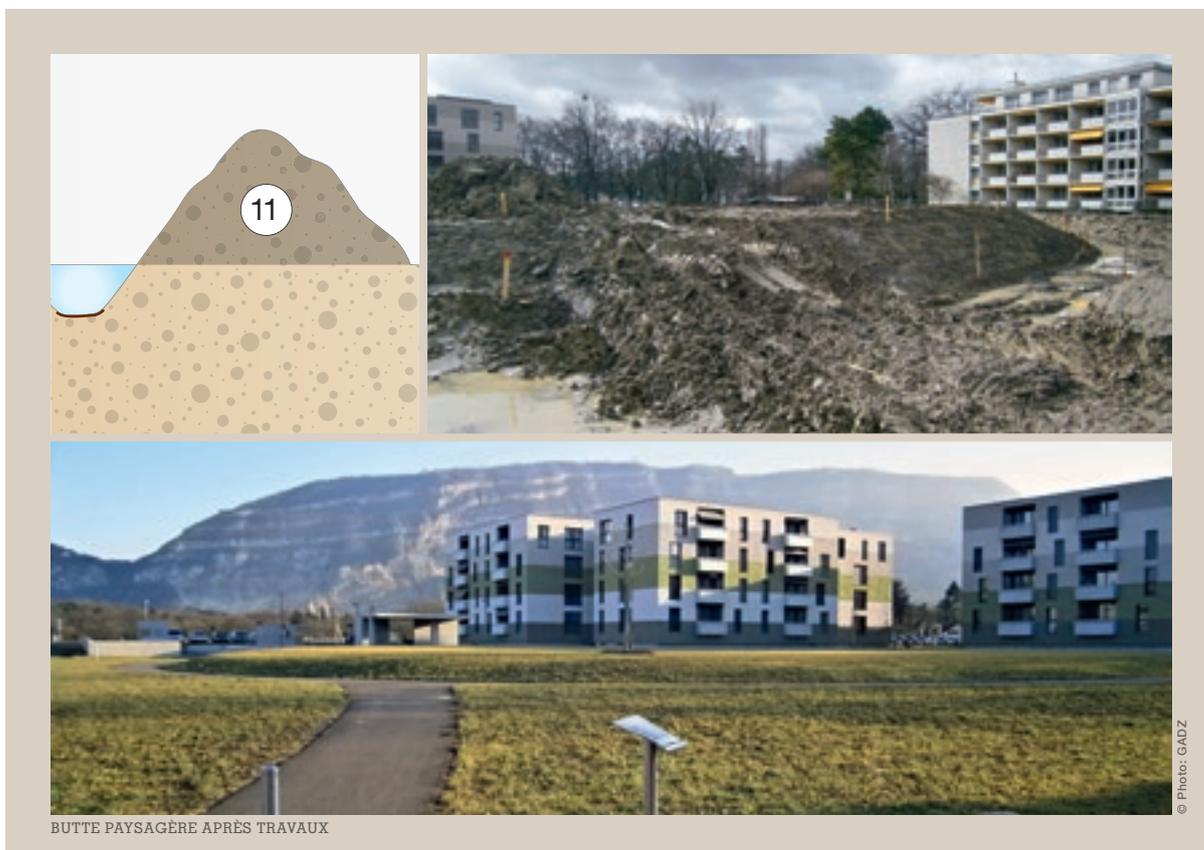
Protection du talus de l'érosion par ensemencement hydraulique herbeux.

COMMENTAIRES

Mise en œuvre par couche régulière sauf lors de conditions météorologiques mauvaises.

Le front du talus a été souvent mal compacté, provoquant des instabilités, qui ont été confortées à l'aide de techniques végétales.

BUTTE PAYSAGÈRE



BUTTE PAYSAGÈRE APRÈS TRAVAUX

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 1.50m.

MODELAGE PAYSAGER



REMBLAI DU VENERON (SOURCE : PLAN DES CONTRAINTES DU 24.02.86 – MOUCHET-DUBOIS & CIE SA)

Ouvrage

Remblai du Vengeron

Lieu

Embouchure du Vengeron

Maître d'Ouvrage

D.T.P – Section Lac et Cours d'eau

Date des travaux

1963 – 1964 lors de la construction de l'autoroute Genève – Lausanne

NATURE DES DÉBLAIS RÉUTILISÉS

Molasse rouge marno-gréseuse du Chattien inférieur (couche 15).

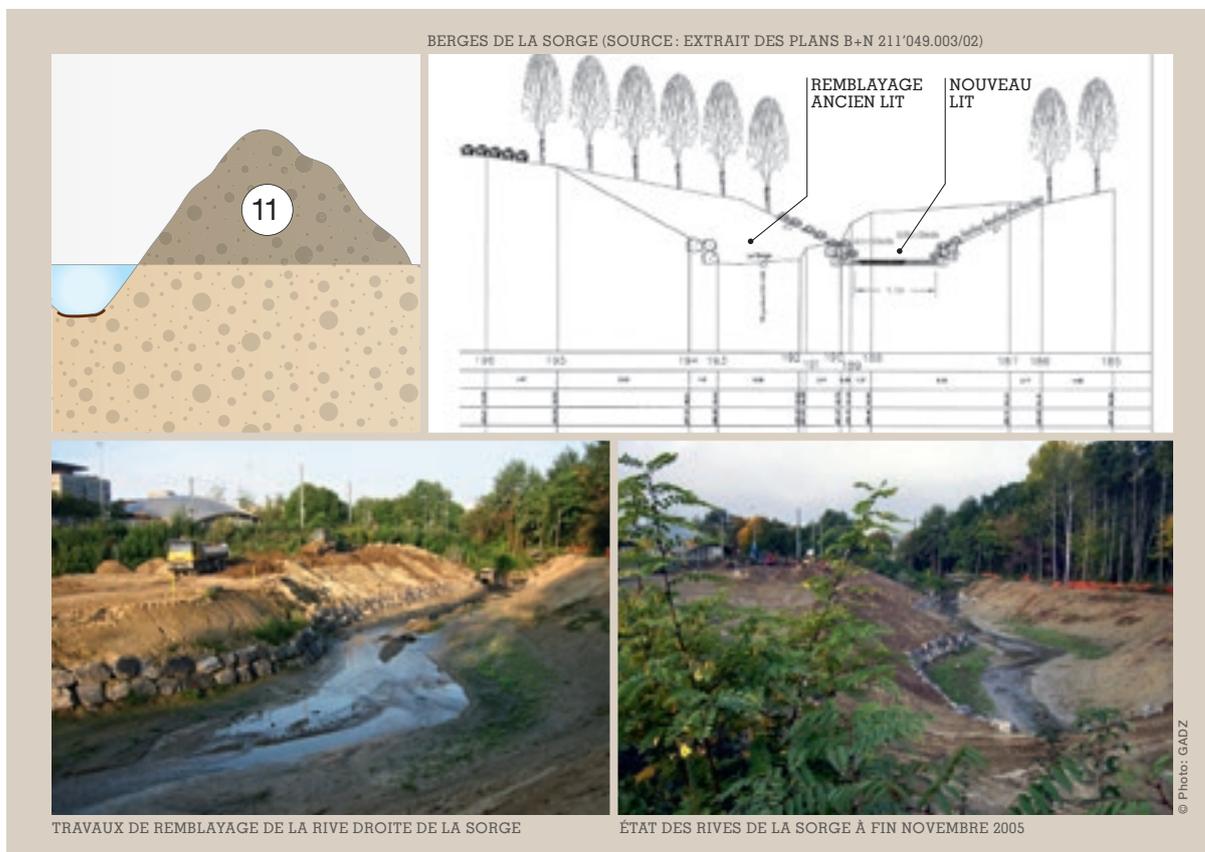
MÉTHODE DE MISE EN ŒUVRE

Mise en dépôt préalable ayant permis à la molasse de se transformer en éléments de faible granulométrie. Mise en œuvre et compactage des déblais par couches minces (15-20 cm) sur une hauteur maximale d'environ 8.0 m.

COMMENTAIRES

Différents travaux réalisés postérieurement ont mis en évidence un remblai dense et sans vide.

MODELAGE PAYSAGER



Ouvrage

Berges de la Sorge - Déplacement du lit et remodelage de la berge droite

Lieu

Ecublens

Maître d'Ouvrage

TL - Transports publics de la région lausannoise

Date des travaux

Mai à décembre 2005

NATURE DES DÉBLAIS RÉUTILISÉS

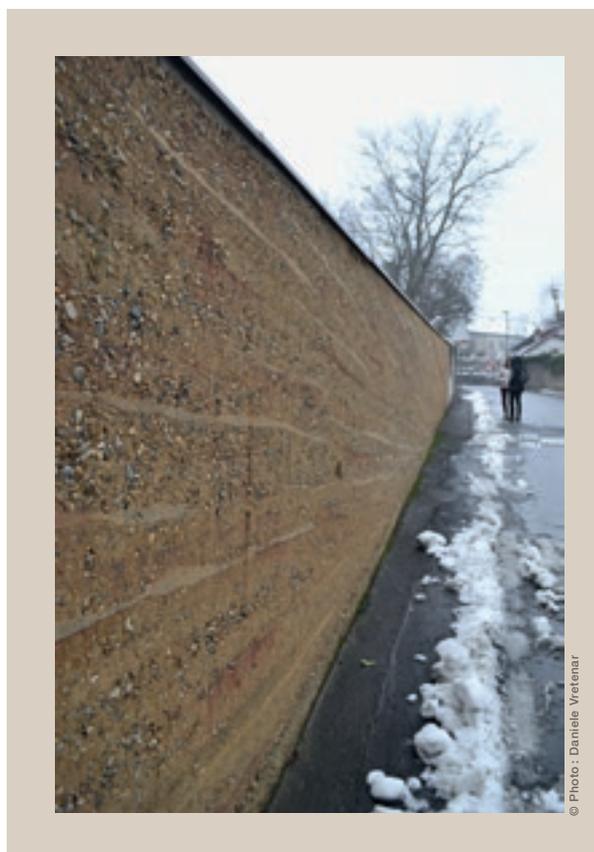
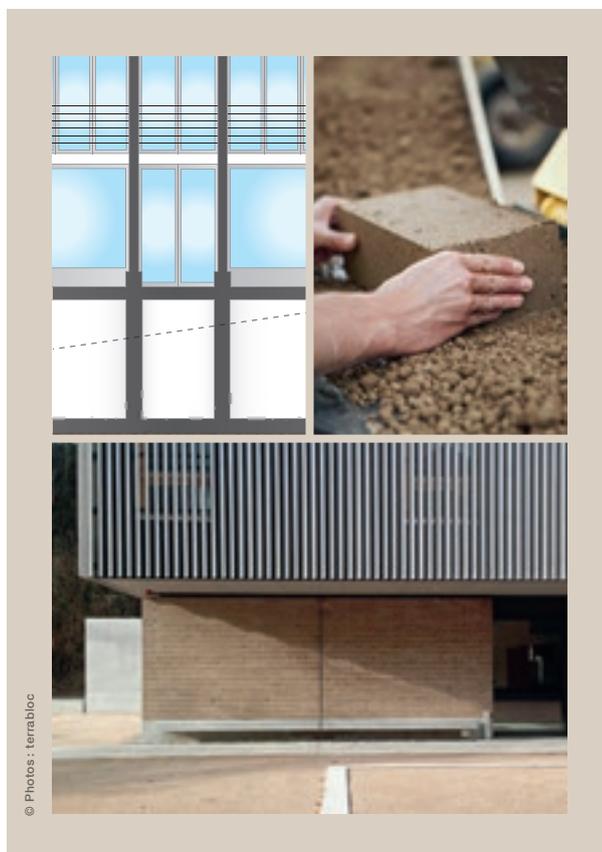
Débris de molasse grise et terrains morainiques limono-argileux et limono-sableux, assimilables aux couches 14 - 7c et 7d.

MÉTHODE DE MISE EN ŒUVRE

Remblayage et compactage de l'ancien lit et de la rive droite par couche de 30 cm.

Hauteur totale : environ 14.0m au plus haut.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION



Ouvrage

Pavillon d'exposition des Services Industriels de Genève à Vessy

Lieu

Vessy (Genève)

Maître d'Ouvrage

SIG

Site internet

www.terrabloch.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 apparante pour cloison ou mur porteur

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

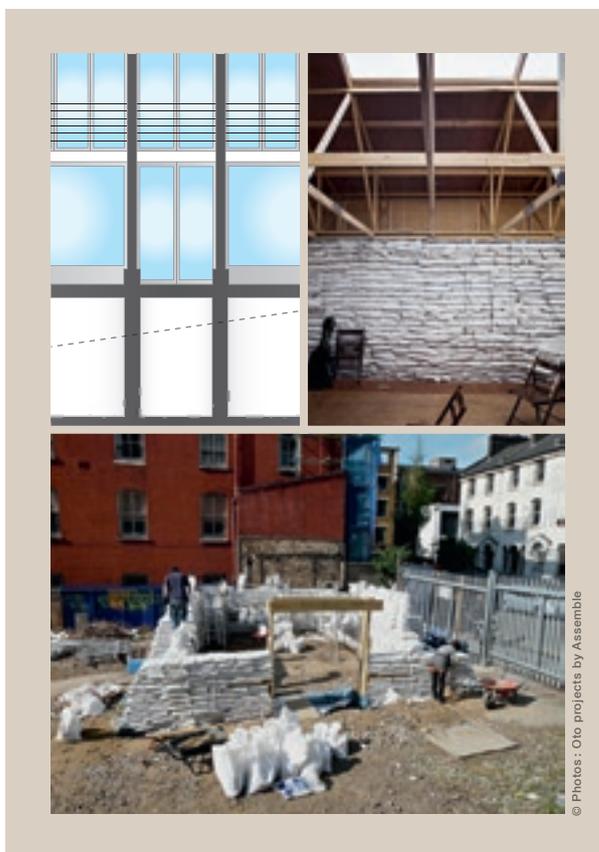
Nature des déblais réutilisés

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.

CONSTRUIRE AVEC LES MATÉRIAUX D'EXCAVATION



© Photos : Oto projects by Assemble

Ouvrage

OTO Project Space à Londres

Bureau d'architectes

Collectif Assemble <http://assemblestudio.co.uk>

Des sacs en polypropylène (qui ont été achetés à bas prix suite à un défaut d'impression) remplis de grave de recyclage forment les murs porteurs de cet espace culturel. Des matériaux d'excavation peuvent aussi être utilisés pour ce type d'application.



© Photos : Cal-Earth <https://calearth.org>

Ouvrage

Ecodome

Réalisation

Cal-Earth (California Institute of Earth and Architecture)
<http://calearth.org>

Des sacs très longs (en polypropylène) en forme de polochon sont remplis de matériaux d'excavation stabilisés avec du ciment (les proportions du mélange peuvent varier selon le terrain), disposés par couches circulaires et solidarités par du fil de fer barbelé.

CONNAISSANCES PRÉ-REQUISES

La mise en œuvre des principes proposés dans ce guide nécessite une bonne interprétation géologique du secteur concerné par le projet. C'est pourquoi les responsables de la planification devraient s'adjoindre les services d'un spécialiste capable d'interpréter les informations issues des sondages géologiques et d'évaluer le potentiel de réutilisation sur site des matériaux d'excavation.

Il est ainsi primordial qu'un dialogue s'instaure entre le planificateur, le concepteur et le géotechnicien. Dans cette optique, les questions suivantes doivent impérativement être abordées :

- Les informations géologiques sont-elles suffisantes ? Si non, des sondages complémentaires doivent-ils être envisagés et à quel stade de la planification ?
- Les parcelles présentent-t-elles un risque de pollution ?
- En fonction des facteurs contraignants liés à l'environnement, quelles possibilités de valorisation doivent être écartées et lesquelles doivent être approfondies ?

A l'issue de cette première analyse, un profil stratigraphique ou géotechnique permettant de se reporter au tableau de classification (cf. pages 20 et 21) peut être créé, afin de formuler de premières hypothèses sur les possibilités de valorisations des matériaux d'excavation.

Les aspects organisationnels et les risques doivent également être rapidement abordés, notamment au travers des questions suivantes :

- Quelles sont les surfaces de stockage intermédiaire à disposition ?
- Faut-il prévoir des essais au préalable sur les matériaux ?
- Les matériaux sont-ils sensibles à l'eau ?
- Quelles sont les précautions à prendre pour l'excavation ?
- Comment stocker ces matériaux ?
- Quelles sont les contraintes de mise en œuvre ? Faut-il prévoir une stabilisation ?
- Quels sont les risques (tassements, glissements, etc.) pour les aménagements et les ouvrages ?
- Quelles sont les pentes maximales admissibles pour des talus/remblais ?

Chaque chantier ou aménagement constitue un cas particulier nécessitant une étude spécifique afin de préciser le contexte détaillé du secteur concerné.

PROCÉDURES ADMINISTRATIVES

Une planification en amont de la gestion des matériaux d'excavation est indispensable afin d'obtenir des autorités les autorisations nécessaires aux aménagements et/ou aux modifications du terrain naturel. Dans ce cadre, les dispositions suivantes doivent notamment être respectées:

Loi sur les constructions et les installations diverses (LCI)

Art. 1 Assujettissement

al.1: Sur tout le territoire du canton nul ne peut, sans y avoir été autorisé:

- d) modifier la configuration du terrain

Art. 15 Esthétique des constructions:

al. 4 Il est interdit d'entreposer sur des terrains des objets nuisibles au bon aspect d'une rue, d'un chemin ou d'un site.

Règlement d'application de la loi sur les constructions et les installations diverses (RCI)

Art.9: Demande définitive:

al.2: Il y a lieu de joindre les plans et documents suivants:

- o) plan et coupes des travaux de terrassement de nature à modifier sensiblement le terrain naturel, tels que remblais ou déblais

Art. 42 Alignements

al.1: Les dispositions de la loi sur les eaux, du 5 juillet 1961, relatives aux alignements de construction le long des cours d'eau (art. 26) sont réservées.

al.2: Les dispositions de la loi sur les routes, du 28 avril 1967, relatives aux alignements de construction le long des voies publiques (art. 11 et 12) sont réservées.

al.3: Les dispositions de la loi sur les forêts, du 20 mai 1999, relatives aux distances à respecter par rapport aux lisières de l'aire forestière (art. 11) sont réservées

Art. 46C Aménagements extérieurs en limite de propriété

al.1: En limite de propriété, le niveau du terrain naturel doit être maintenu sur une largeur de 1 m.

al.2: Au-delà de 1 m, les aménagements extérieurs doivent s'inscrire à l'intérieur d'une ligne oblique formant un angle de 30° avec l'horizontale.

Concernant les PLQ, le remodelage du terrain naturel doit être indiqué clairement: le niveau initial et le nouveau niveau envisagé pour le terrain doivent être représentés sur un plan.

Il est important de rappeler que les matériaux d'excavation et déblais sont considérés comme des déchets, même s'ils ne sont pas pollués. Il est de ce fait nécessaire de se conformer notamment aux dispositions de l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED), de la Loi sur la gestion des déchets (LGD) et de son règlement d'application (RGD).

La législation cantonale prévoit que le maître d'ouvrage ou son mandataire élabore des documents de planification.

Pour les matériaux d'excavation, il s'agit du **concept de gestion des matériaux d'excavation** (qui fait partie du plan de gestion des déchets chantier), un document qui décrit toutes les démarches de planification et renseigne des solutions de gestion des matériaux étudiés. Par exemple, si aucune valorisation n'est possible ou si cette option a été écartée pendant l'avancement de la réflexion, la raison doit y être clairement expliquée. Le concept de gestion de matériaux d'excavation est un document évolutif, qui est donc complété au fur et à mesure de l'avancement du projet, jusqu'à sa version «définitive», éditée au plus tard quelques jours avant le démarrage des travaux, qui indique avec précision toutes les options de gestion des matériaux d'excavation retenues (y compris les exutoires).

Le maître d'ouvrage est par ailleurs tenu d'assurer le suivi des lieux d'évacuation (décharge, centre de traitement) et de pouvoir fournir aux autorités compétentes le décompte des quantités excavées et leur destination. Cette traçabilité doit également être garantie lors d'une réutilisation sur place ou d'une valorisation sur un autre site. Dans ce dernier cas, il est impératif que les justificatifs de transport soient clairement visés par un responsable du site de destination.

GLOSSAIRE

Altération

Dégradation des roches ou terrains meubles par les agents atmosphériques (pluie, variation de température, etc.) et mécaniques (engins de chantier, etc.).

Cadastre des sites pollués

Inventaire des sites pollués établi par les cantons. Ce cadastre est public et peut être consulté, à Genève, sur le site du système d'information du territoire genevois (SITG).

Classe géologique

Terrains possédant des caractères communs, et constituant un ensemble de même nature.

Concassage

Opération de réduction de la taille de matériaux.

Concept de gestion des matériaux d'excavation

Document décrivant, en plus des volumes prévus de matériaux d'excavation, toutes les possibilités de valorisation directe sur place et toutes les autres possibilités de valorisation des matériaux d'excavation selon leurs caractéristiques. Il définit aussi les destinations finales (valorisation et/ou élimination le cas échéant) et, si nécessaire, organise le suivi environnemental de l'excavation.

Consistance/compacité

Caractérise le degré de consolidation des matériaux.

Consolidation

Phénomène de réduction progressive de volume en fonction du temps d'une couche de sol saturé sous l'action d'une contrainte totale normale constante.

Criblage

Opération de triage des matériaux en fonction de leur taille, en les passant au travers de tamis.

Décharge de type B (anciennement DDMI)

Décharge accueillant des matériaux respectant l'annexe 5.2 de l'OLED.

DDMI

Décharge contrôlée pour matériaux inertes. Ce type de décharge est comparable à une décharge de type B de l'OLED.

Dénomination stratigraphique

Nom donné à une couche (strate) de dépôts sédimentaires*.

Dépôts sédimentaires

Dépôts constitués par une accumulation de particules de taille variable, ayant subi séparément un certain transport.

Diagenèse

Ensemble des processus qui transforment progressivement un dépôt sédimentaire* en roche.

Erosion

Ensemble des phénomènes qui, à la surface du sol, enlèvent tout ou une partie des terrains existants et modifient ainsi le relief.

Essai de compression

Essai d'écrasement sur un cylindre de roche dans le but de déterminer la résistance en compression d'un matériau.

Essai de gonflement

Essai permettant de mesurer le potentiel de gonflement d'un sol situé dans un état d'humidité connu.

Essais géotechniques de laboratoire

Essais permettant de définir les propriétés des terrains meubles et des roches et également d'identifier correctement les couches.

Essai œdométrique

Essai permettant de mesurer le tassement d'un sol fin sous une charge définie.

Essai de résistance ponctuel (Point Load Test)

Essai consistant à soumettre un échantillon de roche jusqu'à la rupture sous une charge ponctuelle appliquée entre deux pointes coniques.

Essai de traction par fendage (brésilien)

Essai permettant de définir la résistance à la traction d'un échantillon en le soumettant à la fois à des contraintes de compression et à des contraintes de traction.

Fluer/fluent

Perte des propriétés cohésives d'un matériau sous l'action de l'eau.

Géotechnique

Étude des propriétés mécaniques des terrains meubles et des roches et leurs interactions avec les ouvrages.

Granulométrie

Analyse permettant la détermination des proportions de grains de différentes tailles d'un matériau.

Limites d'Atterberg

Analyse qui a pour but de définir les états d'humidité correspondant aux limites entre les états liquide, solide et plastique d'un matériau fin.

Limite de liquidité

Limite traduisant le passage entre l'état liquide et l'état plastique.

Limite de plasticité

Limite correspondant au passage entre l'état plastique et l'état solide.

Molasse

Épaisse formation sédimentaire détritique (débris) provenant d'une érosion* très active des Alpes en formation. Les produits de cette érosion, déposés dans le Bassin d'avant-pays suisse, ont formé la Molasse après diagenèse*. Celle-ci est principalement constituée de grès à ciment calcaire ou argileux, de marnes et, plus rarement à Genève, de conglomérats.

PDCom

Plan directeur communal

PDQ

Plan directeur de quartier

PDZDAM

Plan directeur de zone de développement d'activités mixtes

PDZI

Plan directeur de zone industrielle

Pente 1V/2H

Rapport verticale/horizontale d'une pente.

PLQ

Plan localisé de quartier

Remblai renforcé

Remblai incorporant des renforcements horizontaux pouvant être de différente nature, intercalés entre les couches successives du remblai au fur et à mesure de sa construction.

Retrait

Passage entre l'état solide avec retrait et l'état solide sans retrait, le retrait correspondant à une diminution du volume du à l'évacuation de l'eau interstitielle.

Retrait-gonflement

Certaines argiles ont la propriété d'absorber des quantités d'eau importantes ou au contraire de se dessécher, ceci en fonction des conditions d'humidité auxquelles elles sont soumises. Ainsi l'eau s'introduit au sein de la structure de l'argile (feuillet) qui s'écarte et provoque un phénomène de gonflement ou inversement, s'il y a dessiccation (assèchement), ces derniers se rapprochent, provoquant du retrait.

Sensibilité au gel-dégel

Altération d'un terrain meuble ou fragmentation d'une roche sous l'effet du gel.

Sites pollués

Sites d'une étendue limitée dont la pollution est établie ou très probable. Ces sites sont répertoriés dans le cadastre des sites pollués.

Stabilisation à la chaux - ciment

Technique très ancienne qui permet de valoriser les sols contenant des proportions importantes de minéraux argileux en améliorant leurs qualités mécaniques. La teneur en liant (chaux - ciment) dépend de la nature du sous-sol (norme VSS SN 640 496-NA).

Stockage en andain

Dépôt de matériaux d'excavation ou de terre végétale en forme trapézoïdale.

Plasticité

Propriété d'un corps qui peut se déformer lorsque des forces lui sont appliquées, et qui conserve cette déformation lorsque ces forces disparaissent.

Poids volumique

Rapport entre la masse d'un sol et son volume dans son état naturel.

Pourcentage de passant

Pourcentage de l'échantillon passé à travers les mailles du tamis lors d'une analyse granulométrique.

Pourcentage retenu

Pourcentage de l'échantillon qui n'est pas passé à travers les mailles du tamis lors d'une analyse granulométrique.

Stratigraphie

Discipline des sciences de la Terre qui étudie la succession des différentes couches géologiques ou strates.

Profil stratigraphique

Schéma graphique représentant la stratigraphie verticale de la zone étudiée.

Résistance au cisaillement

Résistance qu'un sol oppose au glissement quand il supporte une charge.

Teneur en eau

Rapport entre la masse perdue par dessiccation complète (assèchement) à une température de 105 à 110°C et la masse des particules solides du sol «sec».

Terrains meubles

Matériaux déposés notamment par les glaciations et qui s'excavent plus ou moins facilement par opposition aux roches. Ils sont constitués de graviers, sables, limons, argiles et leurs mélanges.

Vitesse sonique

Essai permettant d'évaluer la propagation d'ondes ultrasoniques de compression au travers d'une carotte de roche. Elle permet de définir la dureté de la roche, son degré d'altération ou de fracturation.

BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES

Déchets et sites contaminés – *Directive pour la valorisation, le traitement et le stockage des matériaux d'excavation et déblais (Directive sur les matériaux d'excavation)* – Juin 1999 – Office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage OFEFP

Norme VSS – SN – 640 582 - *Terrassement, sol – Inventaire de l'état initial, tri des matériaux terreux manipulés* – Edition 1999

Norme VSS – SN – 640 583 – *Terrassement, sol – Emprises et terrassements, entreposage, mesures de protection, remise en place et restitution* - Edition 1999

Déchets de chantier – Fiches d'informations sur les déchets de chantier - GESDEC

La grave naturelle, une ressource non renouvelable – Guide technique des applications recommandées dans le cadre du projet ecomat^{GE} - République et canton de Genève

Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED) - qui remplace depuis le 1^{er} janvier 2016 l'Ordonnance sur le traitement des déchets (OTD)

Rapport 1940/10 – Sols genevois – *Etude statistique des sols de la cuvette genevoise - Rapport de synthèse* – Décembre 1997 (actualisé en 2009)

Drainage

Normes suisses

- VSS – SN – 640 355 – *Drainage – Etude des projets* – 1983
- VSS – SN – 670 125a – *Matériaux pour filtre – Prescriptions de qualité* - 1983

Granulats

Normes suisses

- VSS – SN – 640 415d-NA – *Enduits superficiels – Spécifications* - 2006
- VSS – SN – 670 050 – *Granulats – Norme de base* - 2009
- VSS – SN – 670 101-NA – *Granulats pour mortiers* – 2005
- VSS – SN – 670 102b-NA – *Granulats pour béton* – 2009
- VSS – SN – 670 103b – *Granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aéroports et d'autres zones de circulation* – 2006
- VSS – SN – 670 115 – *Granulats minéraux – Minéralogie et pétrographie qualitative et quantitative* – 2005
- VSS – SN – 670 119-NA – *Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées – Graves non traitées – Spécifications* – 2011
- VSS – SN – 640 416-NA – *Matériaux bitumineux coulés à froid – Spécifications* – 2012

Fillers

Normes suisses

- VSS – SN – 670 116 – *Fillers – Minéralogie, pétrographie et minéraux argileux gonflants* – 2012

Remblayage de tranchées

Normes suisses

- VSS – SN – 640 535c - *Travaux de fouille – Prescriptions d'exécution*

Règles générales pour les travaux en tranchée dont remblayage – 2005

Normes françaises

- NF P98-331 – *Tranchées – Ouverture, remblayage, réfection* – Février 2005

Remblais renforcés

Normes suisses

- SIA 267.151 – SN - EN 14475 – *Exécution de travaux géotechniques spéciaux – Remblais renforcés* – 2006
- VSS – SN – 640 383a – *Ouvrages de soutènement – Conception, projet et réalisation* – 2002

Normes françaises

- NF P94-270 – *Calcul géotechnique – Ouvrages de soutènement – Remblais renforcés et massifs en sol cloué* – Juillet 2009

Stabilisation

Normes suisses

- VSS – SN - 640 496-NA – *Mélanges traités aux liants hydrauliques – Spécifications – Partie 1: Mélanges granulaires traités au ciment – Partie 5: Mélanges traités au liant hydraulique routier* – 2009
- VSS – SN – 640 507-NA – *Mélanges traités aux liants hydrauliques - Spécifications – Partie 11: Sols traités à la chaux* – 2012

Classement des sols - catégories de réutilisation des déblais

Normes suisses

- VSS – SN – 640 575 - *Terrassements – Généralités – Classement des sols* – 1977

Normes françaises

- NF ISO 15176 – *Qualité du sol – Caractérisation de la terre excavée et d'autres matériaux du sol destinées à la réutilisation* – Avril 2003
- NF P11-300 – *Exécution des terrassements – Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières* – Septembre 1992

Documents français

- *Caractéristiques des matériaux de remblais supports de fondations – Recommandation* - 1980

Règles générales concernant le terrassement – stockage des déblais - remblais

Normes suisses

- VSS – SN – 640 535c - *Travaux de fouille – Prescriptions d'exécution* – 2005
- VSS – SN – 640 576 – *Remblais et déblais – Prescriptions d'exécution* – 1977

Normes françaises

- NF P11-301 – *Exécution des terrassements – Terminologie* – Décembre 1994

Documents français

- *Conception et réalisation des terrassements* – SETRA - 2007
- *Guide pour la réalisation des terrassements des plateformes de bâtiments et d'aires industrielles dans le cas de sols sensibles à l'eau* – Décembre 2009 – Syndicat professionnel des terrassiers de France

Documents traitant spécifiquement de la réutilisation des déblais

Documents français

- *Réalisation des remblais et des couches de forme - Guide technique – Fascicule I – Principes généraux* – SETRA – LCPC – 1992 – Réédition 2000
- *Réalisation des remblais et des couches de forme – Guide technique – Fascicule II - Annexes techniques* – SETRA – LCPC – 1992 – Réédition 2000

Normes traitant de la classification du sous-sol

- VSS – SN - 670 004-2b-NA – *Reconnaissance et essai géotechniques - Dénomination, description et classification des sols – Partie 2: Principes pour une classification* – 2008
- VSS – SN – 670 009a – *Reconnaissance et essais géotechniques - Terminologie des terrains meubles* – 2010
- VSS – SN – 670 010 – *Reconnaissance et essais géotechniques – Paramètres géotechniques* – 2011

POUR EN SAVOIR PLUS :

Direction générale de l'environnement (DGE)

Service de géologie, sols et déchets (GESDEC)

www.ge.ch/dechets

022 546 70 70

Service de l'environnement et des risques majeurs (SERMA)

www.ge.ch/impact-environnement

022 388 80 30

POUR COMMANDER CETTE BROCHURE

Info-service

022 546 76 00

info-service-deta@etat.ge.ch

POUR EN SAVOIR PLUS SUR LA DÉMARCHE ECOMAT^{GE}

www.ge.ch/ecomat

République et Canton de Genève, DGE, Genève

«Reproduction autorisée sauf à des fins commerciales,
avec mention de la source.»

1^{ère} édition, avril 2016

Conception graphique : alternative.ch

Imprimé sur du papier recyclé

