

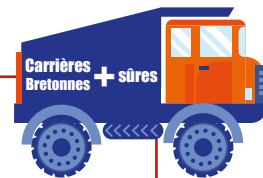
Guide des Bonnes Pratiques

REMBLAYAGE EN SECURITE EN CARRIERE

Focus sur la stabilité des remblais



21



À quoi sert le guide des Bonnes Pratiques ?

Ce guide vise à sensibiliser les exploitants de Carrières et Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) sur les risques liés à l'instabilité des terres **durant les activités de remblayage en carrières** :

- comment identifier ces facteurs de risques ?
- quelles bonnes pratiques de prévention mettre en œuvre ?

Ce guide est **complémentaire du guide Accueil en sécurité des inertes en Carrière et ISDI**, car orienté sur les modes opératoires de remblayage en sécurité. Deux aides techniques pour l'évaluation des risques le complètent :

- le **questionnaire d'auto-diagnostic Stabi' Remblai** joint à ce guide,
- le **registre de surveillance** de stabilité des Fronts de taille et Talus de verse, disponible dans le guide de Bonnes Pratiques du même nom.

Ce document est le fruit d'un groupe de travail réunissant des préventeurs de la profession et de la Carsat Bretagne et des représentants des organisations professionnelles, dans le cadre du plan d'actions régional "Carrières bretonnes plus sûres".

Les hypothèses de calculs de stabilité selon les Eurocodes présentées dans ce guide sont extraites de l'Étude du Cabinet Géotechnique Apogea Rennes

apogea
Géotechnique

Remblayage en carrière : une activité en pleine évolution

Le remblayage des carrières est possible dans un cadre réglementaire précis, et dès lors qu'il ne nuit pas à la qualité du sol, à la qualité et au bon écoulement des eaux, et garantit la stabilité physique des terrains remblayés : les enjeux environnementaux sont donc forts.

Les risques associés sont pourtant inégalement appréhendés et traités.

Face à une activité en pleine mutation, il y a nécessité de définir des bonnes pratiques intégrant la sécurité des personnes et des matériels :

- lors du remblayage,
- et tout au long de la durée de vie du site.

Un guide ciblé sur le risque majeur de glissement de talus

Glissement de talus et mouvements éventuels des remblais lors de l'activité de remblayage, peuvent entraîner :

- **la chute d'engin** et de leurs conducteurs dans la pente, au dépotage ou en opération de profilage et de compactage du talus,
- **le renversement** latéral de tombereau ou camion-benne à la levée des bennes lors du dépotage,
- **l'ensevelissement de personnes** situées en contrebas du talus instable.

Attention aux autres risques !

- Éboulements de cailloux sur les zones en bas de remblais
- Collision entre engins, véhicule et piétons sur la plateforme de dépotage
- Risques de contact ou d'amorçage d'une benne levée avec une ligne aérienne voisine du dépotage...



Quelles sont les caractéristiques d'un talus de verse maîtrisables par les opérateurs ?

Hauteur

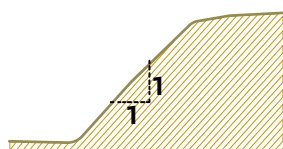
Il existe des remblais allant de 6 m à 100 m.

Pour les hauteurs inférieures à 30 m, le risque est le même quelle que soit la hauteur du remblai.

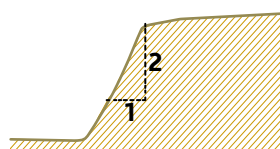
Pour des verses de plus de 30 m, des effets dynamiques importants existent, proches des phénomènes d'avalanches. Il est alors préconisé de passer par une étude géotechnique approfondie.

Pente du talus de verse et zone de sécurité au pied

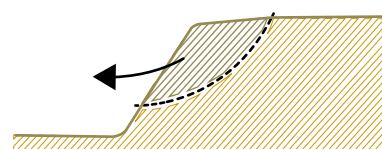
Le talus de verse reste globalement stable jusqu'à une pente (naturelle) de 40° . Mais dès lors que la pente dépasse les 45° , soit "1 pour 1", le risque de glissement s'accroît.



Pente de talutage 1/1



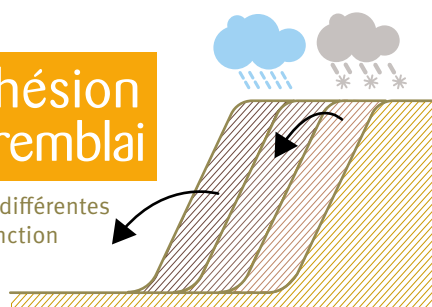
Pente de talutage 1/2



Pente de talutage supérieure à la pente naturelle du sol : glissement

Cohésion du remblai

Glissements entre les différentes couches de sols en fonction de leur composition



La cohésion du remblai dépend de la nature des matériaux, mais aussi de la granulométrie : des matériaux fins vont fluer alors que des matériaux plus granuleux vont davantage se tenir.

L'eau va également jouer un rôle central en matière de glissement de terrain.

Quels sont les facteurs majeurs d'instabilité d'un talus ?

L'eau

Sable humide



Sable trempé

1. En haut de talus : les pluies engendrent des infiltrations d'eau qui dégradent les talus et les remblais : la stabilité diminue avec risque d'éboulement. Ainsi, la pente naturelle d'un pied de talus peut facilement être écrasée et s'affaisser fortement en cas de pluie.

2. En bas de talus : les ruissellements et les eaux souterraines attaquent la cohésion de pied du talus. Lorsque le niveau d'eau s'élève, le risque d'un chassement de pied de talus est fort. Il est alors indispensable de gérer l'eau emprisonnée en bas de versant.

Le type d'engin



Le choix de l'engin peut immédiatement impacter la stabilité du remblai, en générant une surcharge en tête de talus ou des vibrations.

Quelques illustrations de situations dangereuses



Vue générale d'un talus de verse avec ses lentilles de glissement



Plateforme de remblai instable



Crevasse précédant un cercle de glissement en tête de talus de verse



Effondrement partiel sous l'effet du débordement d'un cours d'eau



Apparition d'infiltrations d'eau



Présence d'eau en pied de talus

Comment agir pour prévenir ces risques ?

Les Principes Généraux de Prévention en Carrière

Pour mettre en place une démarche de prévention, conformément au Code du travail, il est nécessaire de s'appuyer sur les **9 Principes Généraux de Prévention**. L'application de ces principes aux carrières est présentée en fin de guide (affiche)

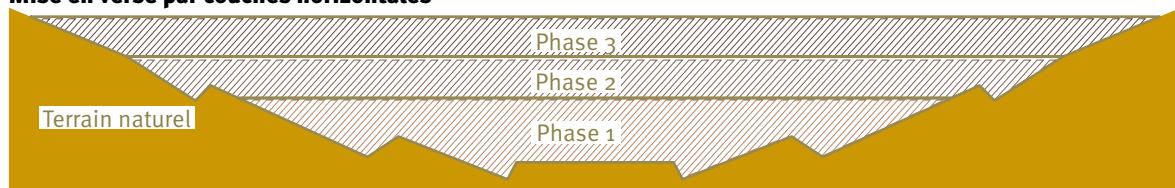
La démarche de prévention repose sur des méthodes et des outils. Elle consiste à développer dans l'entreprise une culture de prévention, en impliquant tous les acteurs concernés.



Illustration de ces principes au risque d'instabilité

EVITER LES RISQUES DE CHUTES D'ENGIN LORS DE LA VERSE

Mise en verse par couches horizontales



Lorsque la situation le permet :

- remblayer par couches horizontales depuis le sol,
- compacter le sol par roulage et manœuvre des engins sur la plateforme.

EVALUER LES RISQUES ET DEFINIR DES METHODES DE TRAVAIL SURES

Il appartient à l'exploitant de carrières de pouvoir justifier de la stabilité du site et de définir les règles d'exploitation de la verse.

En fonction du contexte (matériau, présence d'eau, engin utilisé, etc..) et de l'auto-évaluation du risque réalisée notamment à l'aide du registre de surveillance des Fronts de taille et Talus de verse, l'exploitant doit se poser, entre autres, les questions suivantes en se basant sur les Principes Généraux de Prévention :

1. Dois-je réaliser un relevé du remblai et du site par drone ou satellite ?
2. Est-ce que le contexte nécessite une étude géotechnique, complémentaire de l'étude géologique ?

Exemples de contextes pour lesquels une étude géotechnique a été réalisée :

- verse de plus de 10 000 m², avec des matériaux fins (exemple : sable 0/2 millimètres), et un angle global de pente supérieur à 1 pour 1,
- talus en roches meubles (exemple : sable kaolin) dont la hauteur d'au moins un gradin est supérieure à 7,5 m et une pente de verse dépassant les 1 pour 2,
- structure présentant un risque significatif (par exemple : talus ayant déjà subi des éboulements).

PLANIFIER LA PREVENTION

- Définir les conditions et périodicité des inspections et entretien des éléments de structure ;
- Acter des modalités d'arrêt d'activité en cas de météo défavorable (remblai saturé suite à cycle gel-dégel par exemple) ;
- Organiser la surveillance : par exemple, inspection de la zone avant d'entamer le travail (début de poste) par le chef de carrière ou une personne formée désignée par l'exploitant ;
- Entretenir périodiquement les engins.

Le chef de carrières n'autorise la poursuite du remblayage qu'après avoir contrôlé l'efficacité des mesures mises en œuvre.

Si besoin, l'entreprise recourt aux compétences d'un géologue ou d'un géotechnicien pour une étude de stabilité et/ou à une entreprise spécialisée en confortement.



Les observations effectuées lors de cette visite de contrôle ainsi que les mesures éventuellement mises en œuvre sont consignées dans un guide tel Stabi' Remblai présent en fin de guide.

Si ces actions ne suffisent pas à sécuriser la verse et gênent l'exploitation, la direction technique de l'entreprise pourra être amenée à réorganiser le plan d'exploitation de la carrière.

METTRE EN PLACE DES PROTECTIONS COLLECTIVES

- Délimiter la zone de poussage des remblais par un quai avec butées permanentes de dépotage ou des merlons de sécurité.



Butée en béton armé pour la verse de matériaux d'apport

METTRE EN PLACE DES MESURES TECHNIQUES POUR STABILISER LE REMBLAYAGE

- Diminution de la hauteur de remblayage ;
- Recomposition éventuelle à l'engin, des matériaux de remblai trop humides ou collants pour une meilleure cohésion du massif, par des excédents de sable ou d'autres matériaux inertes ou secs ;
- Profilage de la zone de remblai ;
- Dressage d'une plateforme sans dévers pour sécuriser le bennage des camions et tombereaux ;
- Création d'une zone d'exclusion pour interdire l'accès aux zones identifiées comme instables ;
- Balisages des aires de dépotage (fiches et fanions de position) ;
- Matérialisation d'une distance minimale d'approche des véhicules d'apport de matériaux ;
- Délimitation de la zone d'évolution des bousseurs par rapport à celle de dépotage des camions ou dumpers.



FORMER ET INFORMER LES CHAUFFEURS

- Former les chauffeurs aux méthodes de remblayage en sécurité, aux risques liés aux verses et à la surveillance des abords du talus de verse tout au long de l'activité de remblayage (notamment en utilisant ce guide) ;
- Informer les salariés sur les règles de circulation et de signalisation aux abords des aires ;
- Expliquer le protocole de chargement et déchargement lors de l'accueil sur site.

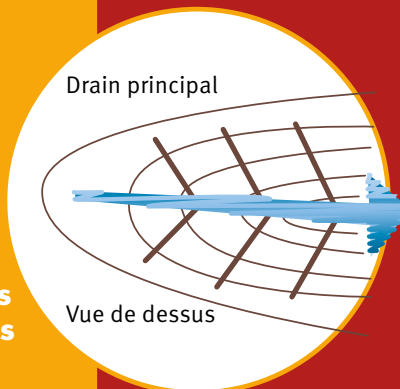
ZOOM

Drainage de l'eau

La maîtrise de l'eau est un enjeu important pour la stabilité du remblai. Cela passe par :

- le drainage des eaux superficielles,
- le drainage des eaux souterraines. Dans certains cas, cela peut réduire les pressions hydrauliques et avoir un effet positif sur les talus de verse.

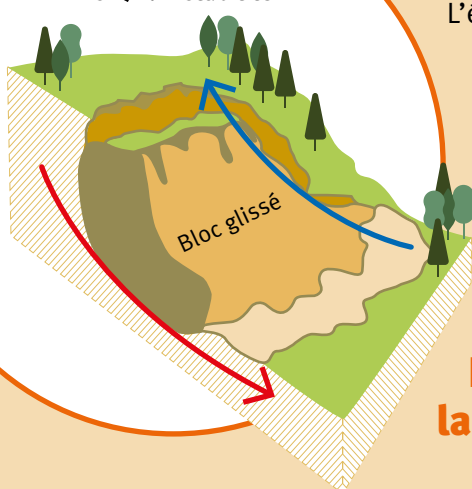
Le drainage des eaux est impératif sous une verse implantée en fond de vallon pour éviter le risque de glissement généralisé.



ZOOM



$F_s = \text{force bleue} / \text{force rouge}$
 $F_s < 1$: instabilité



Facteur de sécurité et choix de l'engin

Une donnée calculée importante : le facteur F_s d'un talus

L'évaluation de l'état de stabilité calculée d'un talus est fonction de tous les paramètres contextuels. Ce facteur de sécurité, noté F_s , est défini par le rapport entre :

- *les forces qui tendent à retenir le volume de terre délimité par le talus
- *et les forces qui tendent à l'entraîner vers l'aval.

Tant que ce rapport est supérieur à 1, le massif est considéré comme stable.

Plus il diminue, plus le risque d'un glissement de terrain s'accroît.

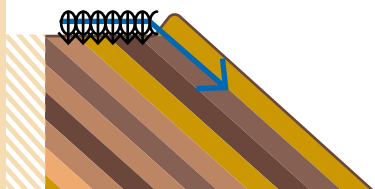
Le choix de l'engin a un impact majeur sur la stabilité



Maîtrise



Situation à privilégier
 Pousseur (chenille de 4 m)
 poussant le matériau
 dans la pente



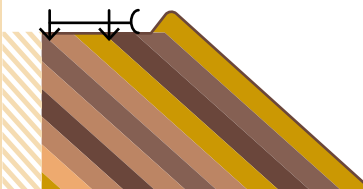
$F_s > 1$
**Le talus reste stable :
 la surcharge en tête n'a
 pas d'impact sur la stabilité**



Attention



Situation de vigilance
 Chargeur (2 essieux 35 tonnes)
 en tête de pente
 avec merlon en crête



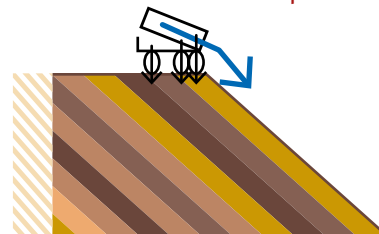
F_s proche de 1
**La stabilité n'est pas garantie
 mais reste supérieure
 au cas du camion**



Danger



Situation à proscrire
 Camion (2 essieux 13 tonnes)
 en tête de remblai déversant
 le matériau dans la pente



$F_s < 1$
**Risque d'instabilité :
 la surcharge en tête a
 un fort impact sur la stabilité
 générale du remblai**

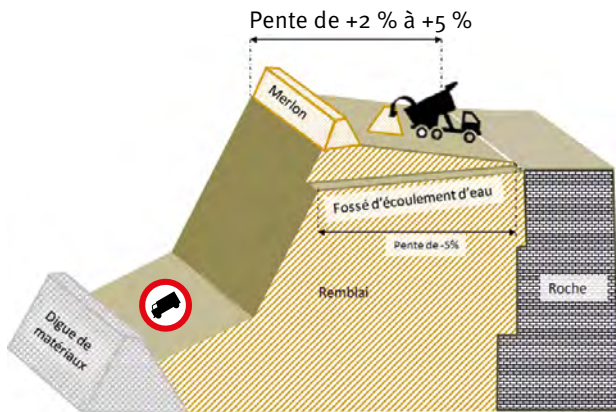
À situations de remblayage égales (talus de 30 m, pente 40°), l'utilisation d'un pousseur est la meilleure solution pour générer le moins possible de surcharges en tête de talus.

Un pousseur chenille (bouteur) a de plus, un risque de renversement bien plus faible du fait de son centre de gravité bas par rapport à celui d'une chargeuse.

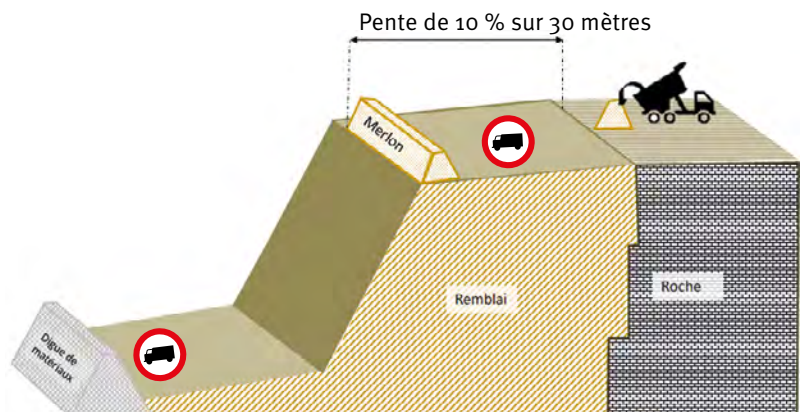
Illustration de Bonnes Pratiques pour remblayer

Reculer le cercle de glissement du remblai :

- en intervenant sur la pente du talus de remblai

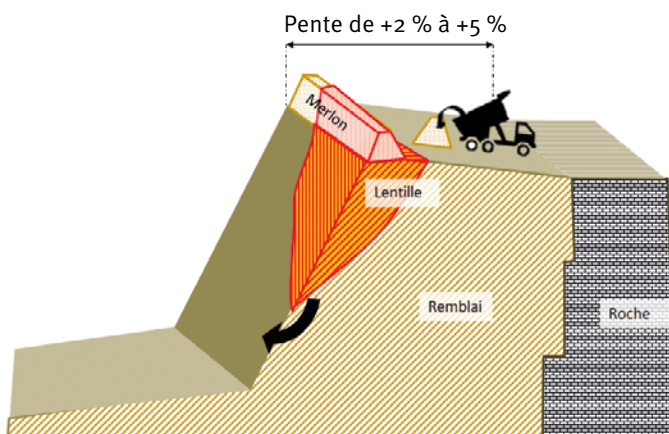


En créant une mise en verse avec pente positive pour faciliter les manœuvres de retrait des engins

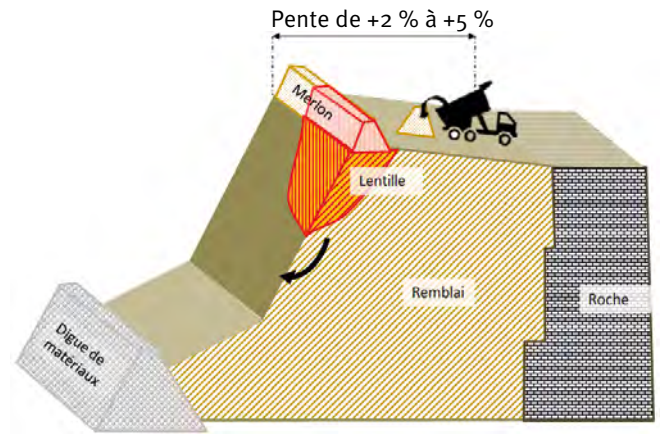


En créant une mise en verse avec pente négative pour alléger la tête de talus

- en créant une butée de maintien en bas de verse

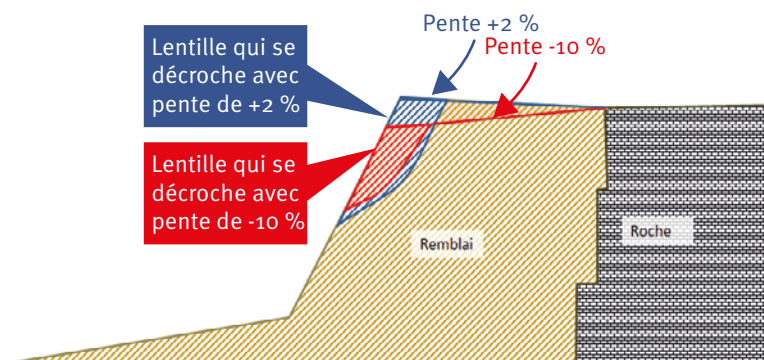


Lentille de rupture sur verse avec pente positive sans digue de matériaux



Lentille de rupture sur verse avec pente positive avec digue de matériaux

Ces différentes pratiques permettent de réduire les volumes des lentilles de rupture



Différence de volume des lentilles de rupture suivant la pente

- Le bennage direct est interdit ;
- Sont également à proscrire la circulation des camions sur un talus de remblai en pente négative et la circulation d'engins entre le bas de verse et la digue de maintien ;
- En l'absence de pousseur, l'utilisation d'une pelleteuse pour soulager la tête de verse est à privilégier.



- **Réaliser un réseau de drainage** sous la verse (saignées dans le merlon), également pour éviter les effets de charge par l'eau du haut du talus de verse

- **Évacuer l'eau** soit vers la fosse, soit vers l'intérieur ou les côtés (plateforme avec dévers et drainage) **et assécher au maximum** la zone de remblais (pas d'eau stagnante ou infiltration)

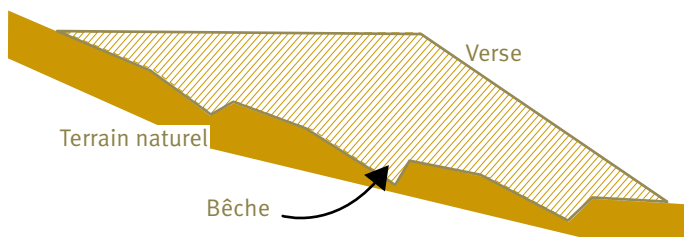


Principe de drainage de l'eau en double pente

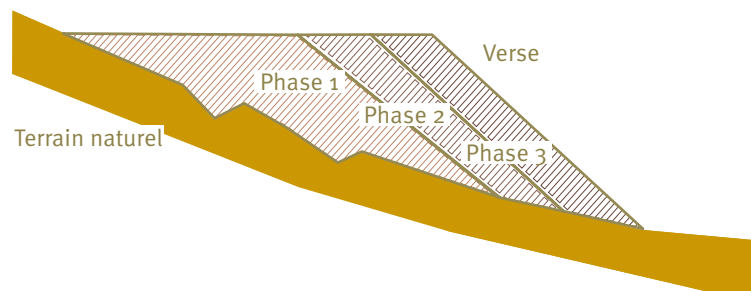
- **Pousser idéalement à l'aide d'un engin chenillé** des zones potentiellement instables, en utilisant préférentiellement un buteur :
 - l'engin pousse les matériaux dans le vide
 - il maintient devant lui un rouleau de matériaux qui lui sert de butée
 - il ne pousse jamais la lame dans le vide
 - il pousse perpendiculairement au talus, jamais de biais



- **Créer des bèches** ou des butées pour stabiliser la verse sur un versant

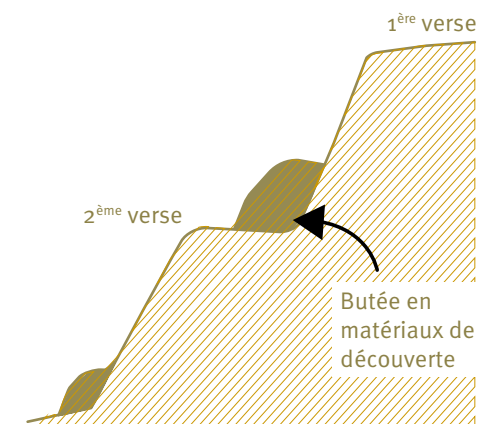


- **Remblayer par couches successives** d'épaisseurs limitées



- **Attribuer des zones de verses** par type de matériaux

- Privilégier de remblayer en coupant le talus pour diminuer sa hauteur : **faire en 2 verses plutôt qu'une seule.**



LES 9 PRINCIPES GENERAUX DE PREVENTION EN CARRIERE

Article L.4121-2 du Code du Travail

EVITER LES RISQUES



1

Séparer les flux piétons et engin

EVALUER LES RISQUES QUI NE PEUVENT PAS ETRE EVITES



2

Document unique : préconiser des actions

COMBATTRE LES RISQUES A LA SOURCE



3

Aspiration de poussières

ADAPTER LE TRAVAIL A L'HOMME



4

Espaces dans les tunnels pour le nettoyage et la maintenance

TENIR COMPTE DE L'EVOLUTION TECHNIQUE



5

Réduction des efforts sur les chariots de crible

REPLACER CE QUI EST DANGEREUX PAR CE QUI NE L'EST PAS OU CE QUI L'EST MOINS



6

Remplacer les tombereaux par des convoyeurs à bande

PLANIFIER LA PREVENTION



7

Organiser et planifier

PRENDRE DES MESURES DE PROTECTION COLLECTIVE SUR LES MESURES DE PROTECTION INDIVIDUELLE



8

Passage protégé sous les tapis

DONNER DES INSTRUCTIONS APPROPRIEES AUX TRAVAILLEURS

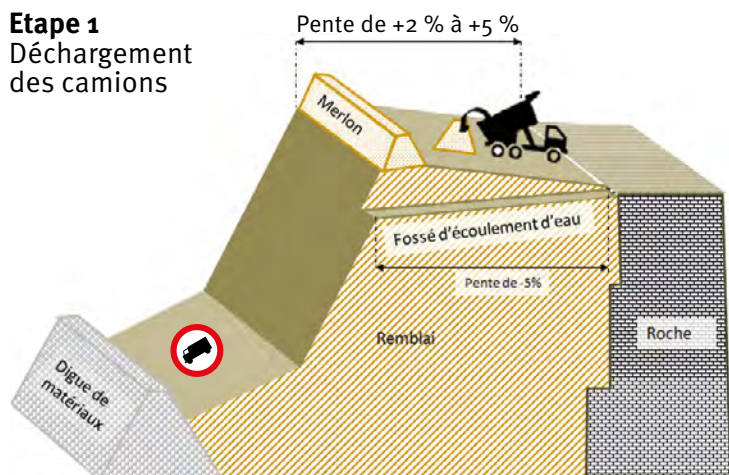


9

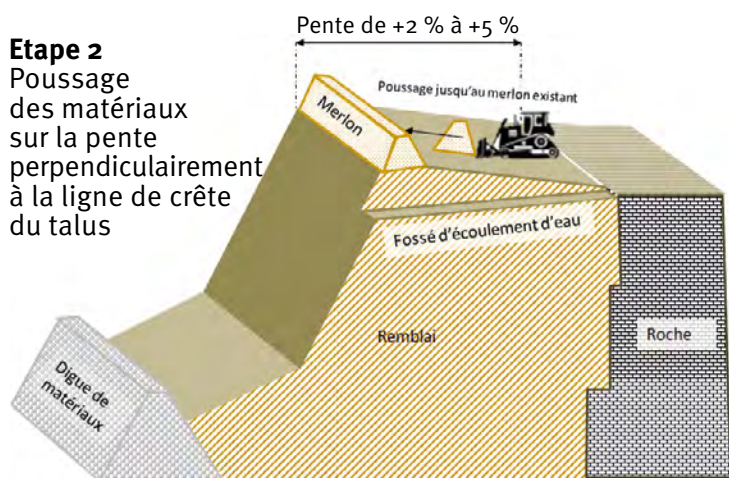
Former et informer les salariés

Exemple de mode opératoire de mise en verse avec pente positive

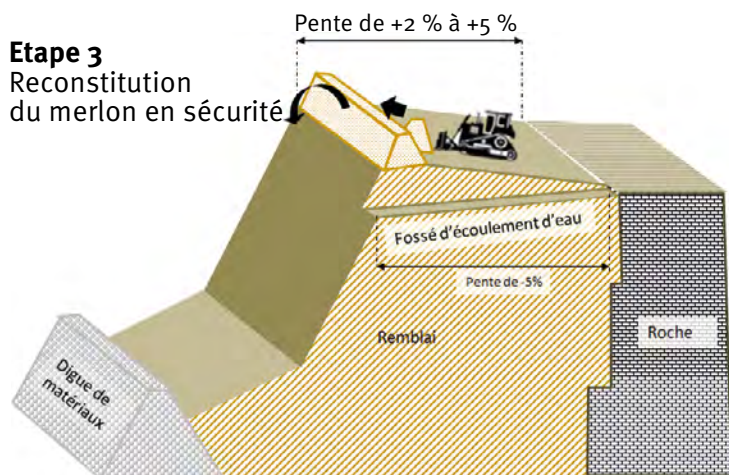
Etape 1 Déchargement des camions



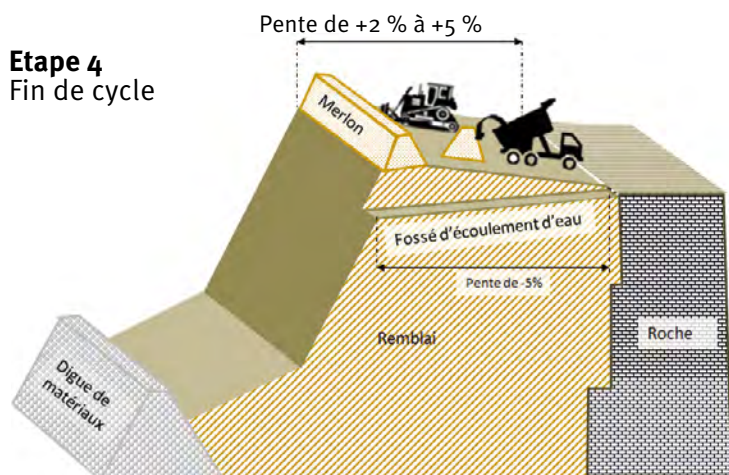
Etape 2 Poussage des matériaux sur la pente perpendiculairement à la ligne de crête du talus



Etape 3 Reconstitution du merlon en sécurité

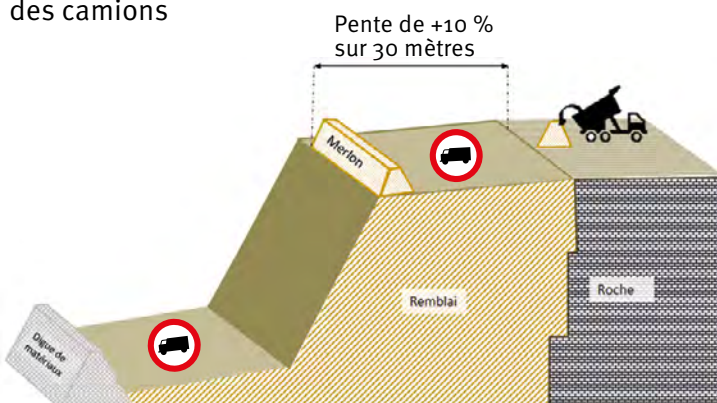


Etape 4 Fin de cycle

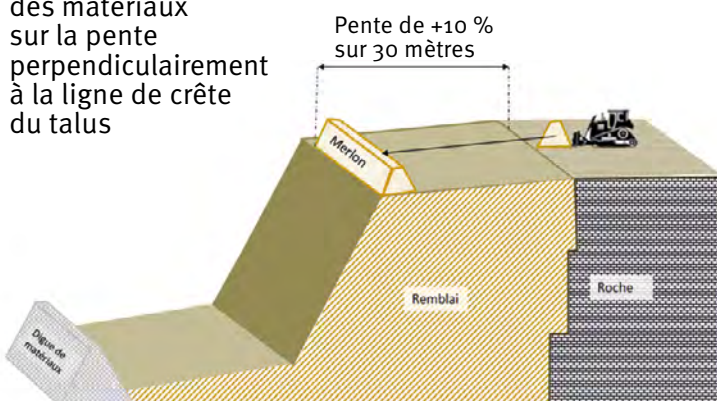


Exemple de mode opératoire de mise en verse avec pente négative

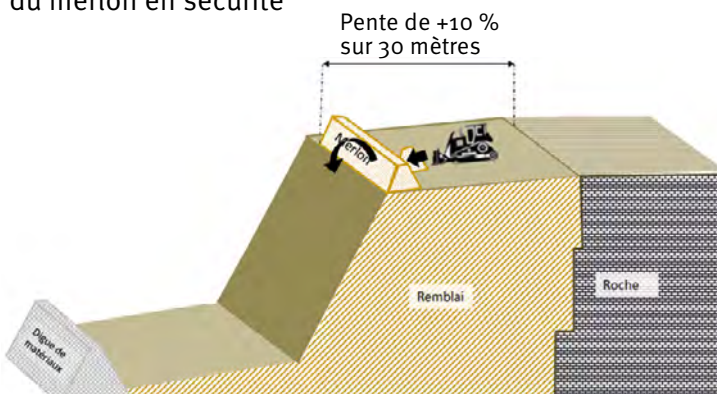
Etape 1 Déchargement des camions



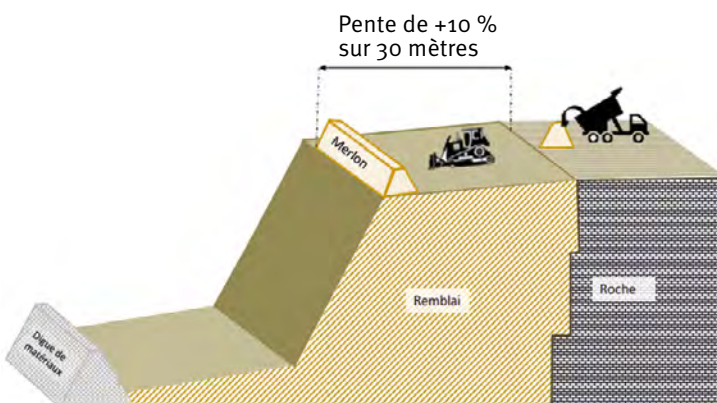
Etape 2 Poussage des matériaux sur la pente perpendiculairement à la ligne de crête du talus



Etape 3 Reconstitution du merlon en sécurité



Etape 4 Fin de cycle



Ce guide a été élaboré dans le cadre du plan d'actions régional 2018-2022, "Carrières bretonnes plus sûres".

Organisations professionnelles :

- [UNICEM/UNPG](#)
- [CIGO](#)

Organismes extérieurs de prévention :

- [PREVENCEM](#)
- [CPIA](#)

Services de l'État

- [DREAL](#) (ICPE)
- [DREETS](#) (inspection du travail)

Votre assureur risques professionnels et son service prévention

- [Carsat Bretagne](#)



Contributions et remerciements :

- Dominique BARBIER, déléguée Générale CIGO
- Arnaud BLAIN, responsable QSE Charier CM, responsable Sécurité CIGO
- Manuel BOHEME, délégué régional CPIA (Conseil Prévention Information Amélioration)
- Julien BOUDIER, ingénieur-conseil - Service prévention Carsat Bretagne
- Franck BOURIEN, contrôleur de sécurité expert - Carsat Bretagne
- Davy CADIVOIS, délégué régional à la prévention PREVENCEM
- Arnaud CARON, délégué Régional PREVENCEM
- Frédéric DERRIEN, directeur technique Henry Frères - Membre du CTR1 Carsat Bretagne
- Frédéric HABASQUE, préventeur géologue - Carrières de Brandefert
- Mélanie HEUDE, assistante - Service prévention - Carsat Bretagne
- Sylvie LEBRETON, secrétaire générale - UNICEM Bretagne
- Roland Le DROFF, directeur opérationnel des Carrières Pigeon 35
- Pierre PARISOT, directeur APOGEA
- Ronan PULUHEN, responsable Hygiène Sécurité - Carrières de l'Ouest - Président de PREVENCEM Bretagne - Commission santé sécurité carrières UNICEM - Membre du CTR1 Carsat Bretagne
- Armelle RICHOUX, ingénieur-conseil - Service prévention Carsat Bretagne

Photos/schémas techniques

Merci à tous les membres du groupe de travail pour leurs apports et partages

Validation, relecture au titre de la commission "carrières" du Comité Technique Régional 1 de la Carsat Bretagne :

Collège salarié :

- Éric PAUGAM, CGT
- Patrick DULORIER, CFE-CGC
- Christian LE GUYADER, CFE-CGC

Collège employeur :

- Ronan PULUHEN, UE-MEDEF