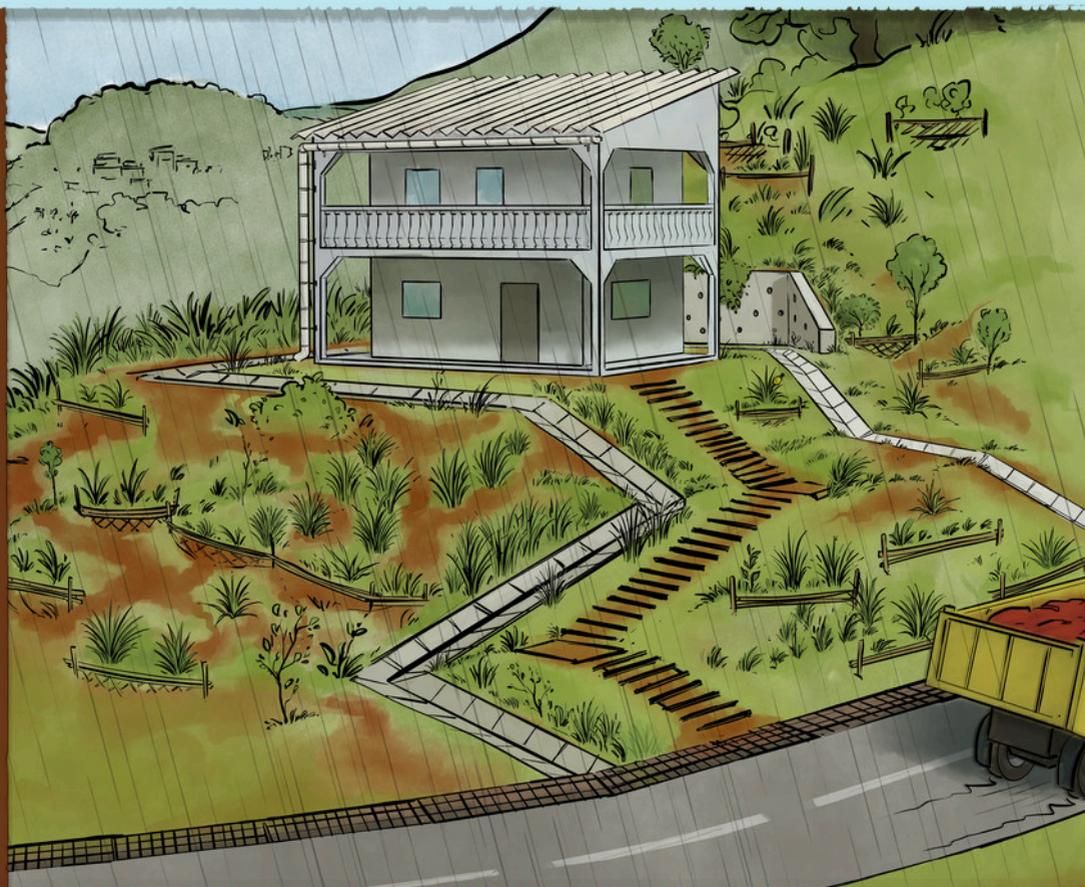


GUIDE DES BONNES PRATIQUES POUR LIMITER L'ÉROSION DES TERRES EN CONTEXTE DE TRAVAUX ET D'AMÉNAGEMENT URBAIN À MAYOTTE

Baptiste Vignerot (BRGM)
avec la collaboration de
Germain Rolland (Naturalistes de Mayotte)



Ce Guide de Bonnes Pratiques pour la lutte contre l'érosion des sols est réalisé dans le cadre du projet LESELAM (Lutte contre l'Érosion des Sols et l'Envasement du Lagon à Mayotte) – issu de la Feuille de Route Érosion initiée par la DEAL en 2012.

Public visé

- Cet ouvrage est destiné aux acteurs du secteur de la construction et de l'aménagement. Sa préparation a été assurée par le BRGM avec le soutien d'un groupe d'experts.
- Il est accompagné par un document de vulgarisation reprenant le contenu de cet ouvrage sous une forme simplifiée et illustrée, destiné au grand public pour l'auto construction ou les TPE du terrassement. Sa préparation a été assurée par les Naturalistes de Mayotte.

Objectifs

- Le premier objectif de ce guide est de sensibiliser les différents acteurs impliqués dans le développement urbain et la construction (développeurs, entrepreneurs, inspecteurs, ouvriers, etc.) aux problèmes liés à un mauvais contrôle de l'érosion lors de travaux.
- En deuxième lieu, ce guide vise à proposer des mesures simples de contrôle de l'érosion dans les projets de construction résidentielle et commerciale adaptées au contexte Mahorais. Ces recommandations pourraient éventuellement soutenir un cadre normatif ou un cahier de charges visant les chantiers de construction résidentielle, commerciale ou à Maitrise d'Ouvrage communale, le tout dans un contexte de développement durable.

Le Guide s'appuie sur l'expertise et l'expérience des acteurs locaux, des services de l'Etat notamment, et sur l'historique des projets menés depuis quelques décennies sur le territoire ainsi que sur les expérimentations développées dans le cadre du projet LESELAM sur plusieurs parcelles et talus expérimentaux.

Les techniques et les pratiques antiérosives développées dans ce guide sont celles identifiées comme susceptibles d'être mises en œuvre par les acteurs tant en termes de techniques qu'en termes de coûts de réalisation ou de méthodes, ceci incluant toutes les phases de la conception à l'exécution et du contrôle.

Table des matières

1	Introduction	5
	<i>1.1 Qu'est-ce que l'érosion</i>	5
	<i>1.2 Contexte mahorais</i>	8
	<i>1.3 Les facteurs d'érosion à Mayotte</i>	9
	<i>a. Des précipitations intenses</i>	9
	<i>b. Des terrains vulnérables</i>	10
	<i>c. Une morphologie accidentée</i>	12
2	Talus et terrassements, source principale d'instabilités et d'érosion	15
	<i>2.1 Les principales sources d'érosion à Mayotte</i>	15
	<i>2.2 Érosion et stabilité des talus</i>	15
3	Lutte contre l'érosion sur les talus et terrassements	20
	<i>3.1 Contraintes géotechniques</i>	20
	<i>3.2 Recommandations générales pour la mise en œuvre et la gestion des talus</i>	21
	<i>3.3 Guide de Terrassements</i>	21
	<i>a. Terrassements dans les altérites de type I</i>	21
	<i>b. Terrassements dans les altérites de type II</i>	22
	<i>c. Terrassements dans les altérites de type III</i>	22
	<i>d. Terrassements routiers</i>	23
	<i>e. Maîtrise des eaux</i>	23
4	Lutte contre l'érosion sur les chantiers de construction	25
	<i>4.1 Contexte</i>	25
	<i>4.2 Objectif</i>	25
	<i>4.3 L'érosion sur les chantiers de construction</i>	25

4.4 Rappel des responsabilités des différents acteurs d'un chantier	27
4.5 Principes de base	29
4.6 Identification des problématiques et propositions	31
4.7 Mise en place des bonnes pratiques	33

5 Les fiches techniques 38

1. Déboisement	40
2. Ensemencement et Hydro-ensemencement	44
3. Végétalisation	51
4. Contenir les matériaux sur le chantier	59
5. Le paillage et mulch hydraulique	65
6. Terrassement à redans, bermes et banquettes et microreliefs	71
7. Protection des exutoires du chantier et pièges à sédiments	78
8. L'usage des géosynthétiques	90
9. Alternatives de soutènement	94
10. Cas particulier : le Gabion	102
11. Recommandations pour l'auto-construction	104
12. Recommandations pour le suivi et le contrôle de chantier	107

1 Introduction

1.1 Qu'est-ce que l'érosion

L'érosion est un bilan de matières sur un point donné entre des apports et des départs de terres. Lorsque le bilan est négatif, on parle d'érosion et dans le cas contraire on parle d'accumulation (dépôt).

L'érosion des sols se traduit par un détachement de terre depuis les parcelles agricoles, les talus naturels et anthropiques, les zones naturelles non protégées, les terres déplacées lors de chantiers, les zones péri-urbaines aménagées... Ces sédiments sont entraînés par les eaux qui ruissellent vers les cours d'eau, et ce jusqu'au lagon où ils s'accumulent, asphyxiant progressivement l'écosystème lagunaire.



L'érosion hydrique, c'est-à-dire l'érosion due à l'effet de l'eau, se développe de façon progressive. L'effet des gouttes de pluie sur le sol (effet splash) met en place les conditions favorables au développement de l'érosion diffuse (ou en nappe). Vient ensuite la formation de rigoles puis de ravines. C'est l'érosion ravinatoire.

Si ces formes d'érosions peuvent être maîtrisées par des pratiques et des techniques conservatoires rudimentaires, la maîtrise de l'érosion ravinatoire peut à terme, nécessiter une intervention lourde, impliquant du génie civil.

C'est tout l'intérêt d'intervenir dès les premières phases de l'érosion avec des solutions préventives simples relatives à la couverture des sols et des solutions curatives qui correspondent au soutènement des terrains endommagés.

L'érosion en nappe



L'érosion par effet « splash » se traduit par le détachement de particules de terres, successif à l'impact des gouttes d'eau sur le sol. Les particules de terres fines sont propulsées sous forme d'éclaboussures.

L'étalement des particules fines en surface forme une croûte de battance, sorte de croûte pseudo-imperméable, qui recouvre les pores du sol, limitant par ce fait, l'infiltration. Cette forme d'érosion se caractérise par une fine lame d'eau qui s'écoule de façon plus ou moins homogène sur une parcelle. On parle aussi d'érosion diffuse ou d'érosion laminaire.

En traversant la parcelle, la pellicule d'eau emporte vers l'aval les particules fines détachées par l'effet splash.

Cette érosion est sélective en ce sens qu'elle transporte en premier lieu les particules fines. L'érosion en nappe peut être mise en évidence par la présence de matériaux relativement grossiers (pierres,...) qui restent en place, liée à la sélectivité de l'érosion.



L'érosion linéaire (ou ravinaire)



Griffes d'érosion : des rigoles (gauche, centre), jusqu'à la formation d'une ravine (droite)

C'est la forme d'érosion hydrique la mieux perceptible sur les talus et versant, particulièrement en milieu aménagé. Elle se manifeste par la formation progressive de griffes d'érosions, de rigoles puis de ravines. Elle est l'aboutissement d'une organisation linéaire de l'écoulement des eaux.

1.2 Contexte mahorais

Mayotte représente un territoire remarquable du fait notamment de son lagon. Cet environnement exceptionnel est menacé depuis plusieurs décennies suite à différentes évolutions consécutives à une pression démographique ayant vu passer la population officielle (données Insee) de 94 410 habitants en 1991 à 256 518 habitants en 2017 (+172%). Cette croissance démographique exponentielle (la seconde du continent africain) s'est traduite par un développement urbain souvent incontrôlé et par une pression de plus en plus forte sur le milieu agricole et le milieu naturel.

Mayotte est un territoire sensible à l'érosion. Le contexte de climat tropical marqué par une saison des pluies particulièrement agressive associée au relief très vallonné de l'île et des pentes fortes en particulier le long des côtes font de la lutte contre l'érosion et le ruissellement des terres mises à nu par les aménagements et constructions un enjeu de préservation de :

- **Notre environnement** : le ruissellement et le dépôt des terres impactent les écosystèmes terrestres et aquatiques avec notamment la dégradation des rivières, du lagon et des écosystèmes associés, mettant en jeu leur survie.
- **Notre économie et notre santé** :
- **L'appauvrissement des sols cultivés entraînent une baisse des rendements,**
- **L'érosion représente déjà une source de coûts importants pour l'économie de Mayotte** : nombre de maisons et bâtiments publics sont ainsi régulièrement détériorés par des coulées de boues ou rendus instables par l'affouillement de leurs fondations ; le comblement des caniveaux par les sédiments accentue les phénomènes d'inondation en zone urbaine ; le coût du curage des fossés représente une charge pour les collectivités. Enfin les mauvaises pratiques sur les chantiers, quelle qu'en soit la taille, mènent à des érosions de sols qui entraînent des extensions de coûts et de délais pour des réfections en plus des impacts environnementaux majeurs.
- **Le mauvais état sanitaire de l'eau, favorisé par l'érosion des sols, entraîne un risque supplémentaire de maladies hydriques (leptospirose, typhoïde, hépatite A, abcès type staphylocoques, diarrhées, etc.)** et de perturbation sur l'alimentation en eau de la population lorsque la turbidité est trop élevée.
- **Les aménagements en périphérie des zones urbaines non maîtrisés exposent les populations à des risques naturels aggravés.**



Dépôts de terrigènes sur des coraux... (www.divergence-images.com)

La lutte contre l'érosion des sols constitue de fait un enjeu majeur de développement du territoire.

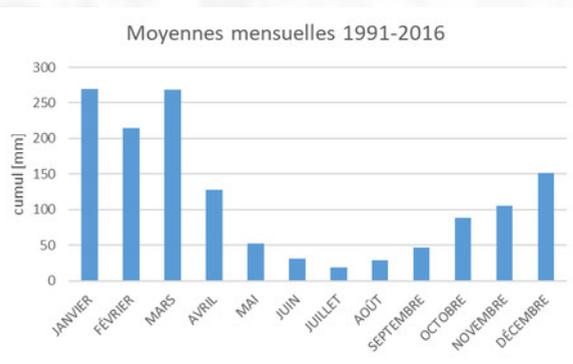
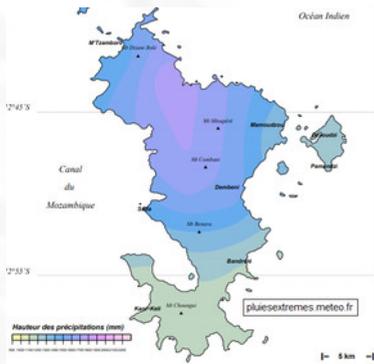
1.3 Les facteurs d'érosion à Mayotte

Si les précipitations intenses, la morphologie accidentée et les changements importants de la couverture végétale (mutation de l'agriculture et aménagements non maîtrisés liés à la pression démographique) sont des facteurs majeurs explicatifs de l'érosion des sols à Mayotte, la vulnérabilité des sols constitue un autre paramètre essentiel.

a. Des précipitations intenses

Les précipitations sont réparties de façon hétérogène sur le territoire mahorais, avec une saison des pluies (kashkasi) s'étendant de novembre à avril, concentrant l'essentiel des précipitations de l'année (de 1150mm/ an dans le sud à 1750mm/an par le Nord – Source Météo France).

Le cumul pluviométrique et l'intensité de la pluie jouent un rôle majeur dans les processus du ruissellement et de l'érosion. Des événements extrêmes qu'ils soient cycloniques ou pas vont amener des intensités pluviométriques très fortes (250mm/24 heures une fois en 20 ans, 100mm /24 heures 85 fois en 20 ans).



Il est à noter que pendant ces périodes de fortes précipitations, il pleut quasiment tous les jours. Cela influe sur le temps d'humectation qui sera plus rapide au fil des précipitations. Cela implique un ruissellement plus marqué, lié à un cumul d'eau plus important.

L'intensité de la pluie influe sur les modalités d'infiltration de l'eau dans le sol. La fréquence pluviométrique joue sur le temps de ressuyage et d'humectation du sol.

b. Des terrains vulnérables

L'altération des faciès volcaniques peut être physique (érosion, colluvionnement), thermique ou chimique (et/ou biologique). Dans ce dernier cas, la roche subit une altération sans déplacement, qui peut être supergène (en surface) ou hypogène (altération hydrothermale en profondeur). Ces deux types d'altération chimique se distinguent en fonction des conditions d'affleurement et donc d'exposition aux éléments (pression, température), ainsi que des différences de composition chimique et biologique entre les eaux météoriques et les eaux souterraines.

Les faciès altéritiques sont très variables spatialement et présentent de nombreuses différences selon notamment :

- la nature de la roche originelle, qui influence la composition des minéraux rémanents et des minéraux résultant des processus d'altération ;
- la durée pendant laquelle les matériaux ont été exposés à la surface (jusqu'à une nouvelle éruption volcanique) ;
- la structure originelle de la roche-mère, en particulier la fracturation qui favorise l'approfondissement du front d'altération par circulations d'eau ;
- la présence de circulations d'eaux souterraines, accentuant l'impact des eaux météoriques percolant directement par le biais du réseau de fracturation.

Les épaisseurs des altérites peuvent être très variables. Elles dépendent notamment de la roche initiale et de sa composition minéralogique, des conditions climatiques (température, pluviométrie), du contexte topographique et du temps d'exposition à la surface. A Mayotte, le substratum se retrouve assez fréquemment entre 25 m et 40 m de profondeur, notamment sur la commune de M'Tsamboro (C. Mathon, 2006). Cependant le stade d'altération le plus prononcé fait environ 12 m d'épaisseur.

L'étude réalisée sur les altérites permet de mettre en évidence les éléments suivants :

- les altérites basaltiques de Mayotte se révèlent être un matériau assez fortement hétérogène. D'un point de vue lithologique et géotechnique, trois ensembles principaux peuvent être distingués en fonction de leur stade d'évolution :

altérite I		Roche fracturée, la texture de la roche mère est encore visible, apparition de l'altération en boule. Moins de la moitié de la roche est décomposée en sol. Roche généralement à patine beige – grise.	$\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$ $\phi' = 35^\circ$ $C' = 50 \text{ kPa}$
altérite II		De nombreux résidus de roches saines sont encore présents, mais plus de 50% de la roche correspond à un sol. La roche, de nature compacte, adopte une couleur brun-orangée.	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ $\phi' = 30^\circ$ $C' = 20 \text{ kPa}$
altérite III		Matrice assez plastique de couleur rouge-brun, très riche en minéraux silto-argileux	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $\phi' = 25^\circ$ $C' = 10 \text{ kPa}$

- Les altérites présentent une cohésion en place variable (en moyenne 10 kPa pour les altérites III à 50 kPa pour les altérites de type I) qui augmente en profondeur dans la mesure où le niveau d'altération diminue en général
- Le remaniement des altérites (naturel par érosion mécanique et formation de colluvions, ou artificiel par terrassement) conduit à faire disparaître cette cohésion en place héritée de la roche mère. Il convient donc de ne pas confondre des remblais constitués d'altérites, aux caractéristiques résiduelles, avec les altérites en place ;

Dans la bibliographie utilisée pour l'élaboration de ce guide, le terme d'altérite est parfois assimilé au terme de sol dans son seul sens pédologique :

« Sol : succession d'horizons de la surface à la roche saine. »

Les sols mahorais, issus en grande partie de l'altération de la roche mère volcanique, se composent de fractions minérales et organiques pour la frange superficielle. Les propriétés qui conditionnent sa résistance vis-à-vis des processus érosifs sont contrôlées par deux principales caractéristiques :

- La texture : répartition des particules composant le sol selon leur taille (sables, limons, argiles).
- La structure : mode d'agencement de particules (minérales et organiques) dans le sol.

Ces caractéristiques confèrent au sol son niveau de sensibilité à l'arrachement et au transport des particules qui le composent. La résistance du sol aux processus de détachement est donc intimement liée aux caractéristiques du sol.

c. Une morphologie accidentée

40% des surfaces disponibles à Mayotte se situent sur des zones de pentes supérieures à 15%. Or l'augmentation de l'inclinaison d'une pente entraîne l'augmentation de l'énergie cinétique du ruissellement et diminue la stabilité géomécanique. Ceci se traduit par **des mouvements de terrains plus fréquents et une capacité d'arrachage des particules de terres plus marquée.**

Les reconnaissances de terrain effectuées ont permis de relever un certain nombre d'instabilités dans les altérites au niveau des talus routiers, talus liés aux constructions et aménagements et dans les versants.

Les glissements les plus fréquents sont de types superficiels, intéressant la partie supérieure du talus. Ils mobilisent souvent quelques mètres cubes de matériaux. La partie supérieure, correspondant à un sol ou à un niveau d'altération plus

prononcé, est facilement sujette au glissement et au ravinement. La partie inférieure correspondant souvent à une coulée de moindre altération, plus compacte et plus stable, n'est pas toujours affectée par le glissement.

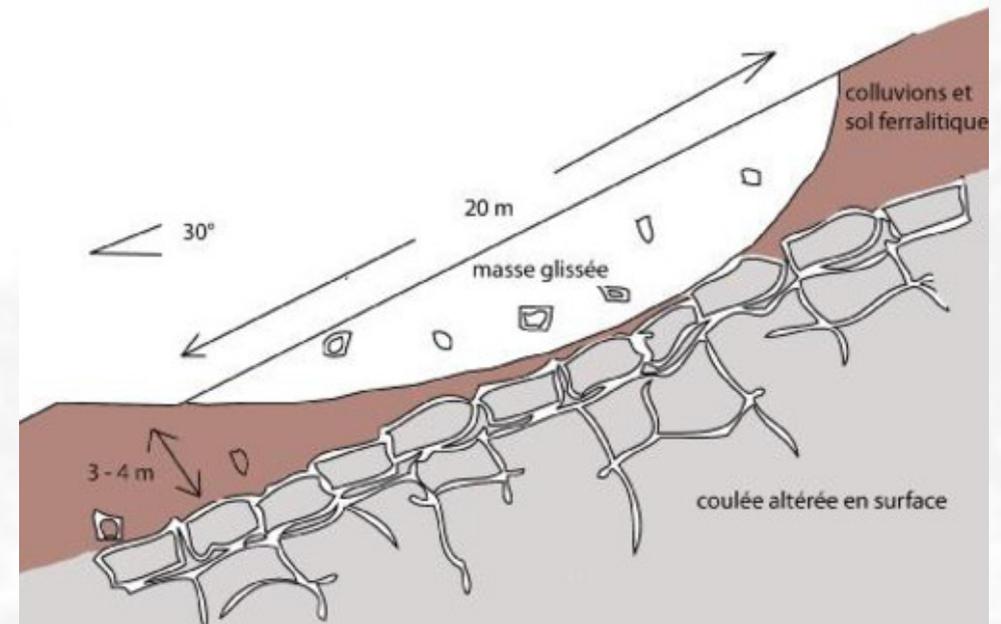


Figure de glissement circulaire, schéma modifié issu du rapport BRGM 1995, M. Cruchet

Dans les altérites mahoraises (type III), il convient de distinguer les talus inférieurs à 2 m, et les talus dont la hauteur est supérieure à 2 m. En effet, les talus inférieurs à 2 m de hauteur peuvent être considérés comme stables dans la majorité des cas (sauf circonstances particulières), leurs éventuelles instabilités restent d'ampleur modérée, fournissent peu de matériau mobilisable et sont assez facilement maîtrisables. A contrario, les talus de plus de 2m peuvent fournir rapidement des glissements de plus grande ampleur, plus difficilement maîtrisables à l'échelle de la parcelle ou du projet.

Associé à ces caractéristiques du sol, s'ajoute l'état de surface c'est-à-dire les formes en surface du sol qui conditionnent le ruissellement. Ces rugosités de surface constituent des microreliefs d'origines naturelles ou liés aux activités humaines (aménagements terrassements, résidus végétaux,..) susceptibles de retenir les eaux de ruissellement en particulier lors des fortes précipitations et de favoriser leur infiltration dans les sols, ceci de manière plus ou moins rapide dépendamment de leur porosité.. Le volume d'eau contenu dans les rugosités du sol s'extrait ainsi du volume ruisselé.

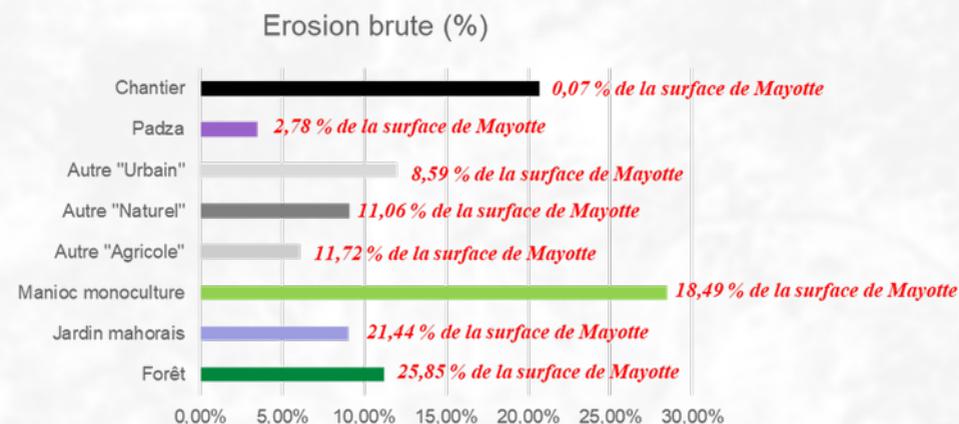
L'amélioration de la texture et la structure du sol pendant et après le chantier est fondamentale dans les actions de lutte antiérosive.

La rugosité du sol joue un rôle de micro-bassins de rétention. Ramenée à la taille de la parcelle, elle est susceptible de conserver une quantité d'eau importante qui ne participe pas à l'activité érosive de l'écoulement.

2 Talus et terrassements, source principale d'instabilités et d'érosion

2.1 Les principales sources d'érosion à Mayotte

Les études scientifiques ont montré que la principale source d'érosion est d'origine agricole (voir graphique ci-dessous). Ainsi, 28% des sédiments apportés au lagon proviennent des parcelles de monoculture de manioc, alors que celles-ci ne représentent que 18% de la surface de l'île. La deuxième source d'érosion provient des chantiers de construction, qui, bien que ne couvrant qu'une infime surface du territoire (0.07%) génèrent à eux seuls plus de 20% de l'apport de terre au lagon.



Les chantiers sont la seconde source d'érosion à Mayotte après l'agriculture en monoculture manioc. Rapporté à la surface qu'ils représentent, les chantiers ont un potentiel érosif sans comparaison possible avec d'autres occupations du sol.

2.2 Érosion et stabilité des talus

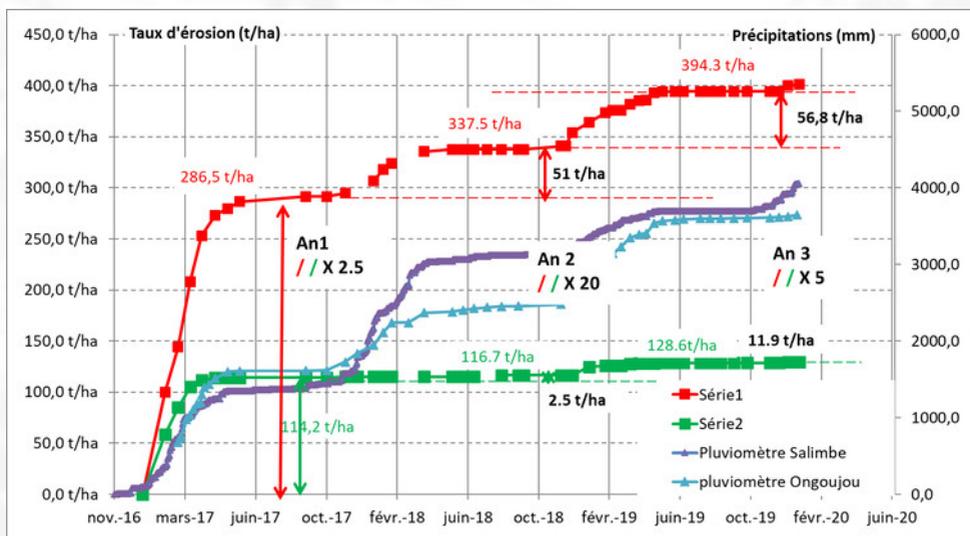
Le suivi de l'érosion au niveau des infrastructures type « talus routier » en contexte d'habitat rural a été identifié dès la mise en place de LESELAM. A ce titre, un suivi de l'érosion a été réalisé sur un talus routier récemment réalisé par la DEAL.

L'analyse des taux d'érosion avec la pluviométrie montre l'efficacité de la végétalisation (vétiver) sur les transports solides. Les taux d'érosion diminuent avec le développement de la protection jouée par la végétation et passent de :

- 337 t/ha à 116 t/ha (facteur de 2,5 depuis la mise en œuvre) ;

- 51 t/ha à 2.5 t/ha (facteur de 20 lors de la seconde année, après couverture complète du talus par le vétiver) ;
- 56.8 t/ha à 11.9 t/ha (facteur de 4 à 5 lors de la dernière année), on notera un gyrobroyage du vétiver du talus amélioré par le service des routes, montrant un regain d'érosion, mais restant bien meilleur que le talus à nu ;

La tendance pour la saison des pluies 2019-2020 semble être moins forte (5.5 t/ha à 0.7 t/ha), signe d'une atténuation de l'érosion, 4 ans après les travaux.



Évolution du taux d'érosion spécifique entre novembre 2016 et juin 2020 sur le talus témoin (« Série 2 ») et le talus aménagé avec du vétiver (« Série 1 »).

De nombreuses observations sur le terrain montrent des atterrissements en pied de talus correspondant à l'érosion de ces derniers sous forme d'effondrements ou de glissement. Ces matériaux s'accumulent sur la route ou dans le fossé et sont facilement mobilisables en cas de ruissellement.



Le linéaire total de talus inventorié est de 53.7 km (Erreur : source de la référence non trouvée). Les talus avec une faible couverture végétale, c'est-à-dire ceux avec les plus forts taux d'érosion, représentent 29 % du linéaire total. Les talus avec une forte couverture végétale occupent 39% du linéaire total. Les talus non concernés par des problèmes d'érosion (rocheux ou meuble avec protection) représentent 31% du linéaire.

Nature	Protection	Couvert végétal	Pente	Linéaire (m)	Pourcentage (%)
Rocheux				14 698	27,3%
	Protection			2 226	4,1%
		Fort couvert végétal		21 197	39,4%
Meuble	Pas de protection	Faible couvert végétal	Pente < 45°	5 396	10,0%
			45° < Pente < 60°	7 021	13,1%
			Pente > 60°	3 258	6,1%
TOTAL				53 797	

Les résultats obtenus lors de modélisations pour les altérites de type III, permettent de définir quatre niveaux de stabilité pour la gestion des talus et terrassements :

Mouvements de terrains peu probable et de faible ampleur :

- les talus présentant des pentes de moins de 20° ;
- les talus présentant des hauteurs entre 2 m et 7 m pour des pentes de 25° environ.

Mouvements de terrains peu probable et de moyenne ampleur:

- les talus de plus de 7 m de hauteur pour des pentes de 25° environ ;
- les talus compris entre 2 et 10 m de hauteur pour des pentes de 35° environ.

Mouvements de terrains probables et de moyenne ampleur :

- les talus de 2 à 6 m environ pour des pentes de 50° à 60° ;
- les talus de 2 à 10 m de hauteur pour des pentes comprises entre 35 et 55° environ ;

les talus de plus de 10 m de hauteur en moyenne pour des pentes de 30° à 35° environ.

Mouvements de terrains très probables et de grande ampleur :

- les talus supérieur à 6 m de hauteur pour des pentes comprises entre 50 et 60° ;
- les talus de plus de 10 m de hauteur environ pour des pentes de 40° en moyenne.

		Caractéristiques du talus (P = Pente ; H = Hauteur)
Risque de mouvements de terrain	Mouvements de terrain peu probables et de faible ampleur	P < 20° ou 2m < H < 7m avec P = ~25°
	Mouvements de terrain peu probables et de moyenne ampleur	H > 7m avec P = ~25° ou 2m < H < 10m avec P = ~35°
	Mouvements de terrain probables et de moyenne ampleur	2m < H < 6m avec 50° < P < 60° ou 2m < H < 10m avec 35° < P < 55° ou H > 10 m avec 30° < P < 35°
	Mouvements de terrain très probables et de grande ampleur	H > 6 m avec 50° < P < 60° ou H > 10 m avec P = ~40°

L'observatoire Erosion LESELAM a permis au cours de ces 5 premières années d'acquisition de données de montrer et de quantifier un niveau d'érosion très élevé et très dépendant des nouvelles constructions en milieu urbain, lorsque celle-ci ne répondent pas aux bonnes pratiques, en particulier la gestion des remblais lors des chantiers sur terrains pentus (> 10°) ;

3 Lutte contre l'érosion sur les talus et terrassements

3.1 Contraintes géotechniques

- En saison des pluies, l'établissement d'une nappe en charge est extrêmement pénalisant car cela entraîne une chute significative du terme de résistance au cisaillement par mobilisation du frottement, en particulier pour les versants de grande hauteur. **Un drainage efficace des versants et de leurs abords est donc essentiel à la bonne stabilité des talus ;**
- Malgré une cohésion marquée, ce type de matériau (essentiellement altérites II et III) est **sensible au ravinement superficiel**. Il convient donc de protéger les talus meubles mis à nu pour en limiter la dégradation liée au ruissellement (les altérites de type III pouvant assez facilement donner naissance à **des coulées de boue**) et/ou aux phénomènes d'effritement liés aux cycles imbibition/sécheresse ;
- Les altérites sont plus ou moins perméables en fonction notamment du niveau d'altération (et donc de la teneur en fines). La présence de l'eau dans le talus a une très grande influence sur la stabilité de celui-ci. Le drainage peut se révéler complexe et très onéreux (drains, éperons, tranchées drainantes,...). Il est donc recommandé de **maîtriser l'eau à l'origine**, c'est-à-dire (outre le maintien autant que possible d'un couvert végétal) **en limitant les infiltrations au sein de l'escarpement, mais également en captant et en évacuant les eaux superficielles ;**
- Les altérites peuvent être très hétérogènes (présence de boules rocheuses, modifications rapides latérales ou verticales de faciès), principalement dans les niveaux d'altération intermédiaires. Cela peut conduire à des difficultés de terrassement : emploi localisé de brise roche hydraulique, difficulté de confectionner des surfaces planes uniformes, sous-cavage de talus par extraction de méga-blocs, reliquats de blocs instables dans les parois. **Il convient donc d'adapter les profils de terrassement à la réalité du terrain et d'adopter des moyens de terrassement aisément modulables en fonction de la nature du terrain rencontré.**

Pour contrôler le facteur topographique il faut agir sur l'inclinaison et/ou la longueur des pentes réalisées dans le cadre des aménagements.

La réorganisation du parcellaire et les aménagements qui permettent de réduire la longueur de la pente contribuent à limiter les conséquences érosives.

3.2 Recommandations générales pour la mise en œuvre et la gestion des talus

De manière générale, la réalisation d'études géotechniques de dimensionnement des talus et de définition des modalités de terrassement (ainsi que de maîtrise des eaux) est recommandées dès lors que les talus présentent une **hauteur supérieure à 7 m et une pente supérieure à 25°**, plus particulièrement pour les talus de grande hauteur (> 10 m) ;

Dans la mesure où les altérites sont hétérogènes potentiellement à la fois dans l'espace et en profondeur, il convient d'adapter les profils de terrassement à la réalité du terrain (examen des fronts de terrassement en cours de chantier (nature du terrain, venues d'eau, indices d'instabilité) afin, si nécessaire, de modifier les pentes de talus, de mettre en place des moyens de stabilisation, ou de renforcer le drainage ;

Le terrassier doit adopter des moyens de terrassement aisément modulables en fonction de la nature du terrain rencontré (brise roche, pelle rétro, ripper, chargeur ou trax, ...)

Les altérites une fois remaniées en terrassement perdent l'essentiel de leur cohésion. Il est donc nécessaire de ne pas adopter les mêmes critères de stabilité pour des profils en déblais (altérites en place) et des talus en remblais (altérites remaniées) ;

Le chargement des crêtes de talus doit être proscrit, sauf si le projet le prévoit explicitement, les profils de terrassements étant alors établis en connaissance de cause ;

Il est recommandé de protéger les talus de l'érosion par de la végétation couvrante (vétivers, bambous...) lorsqu'ils sont relativement peu pentus et de hauteur modeste, et par d'autres dispositifs adaptés, lorsqu'ils sont plus raides et/ou de hauteur plus conséquente (géogrille favorisant la végétation, pose de fascines, parement en béton projeté...).

3.3 Guide de Terrassements

a. Terrassements dans les altérites de type I

Les altérites des type I sont caractérisées par les paramètres géomécaniques suivants: $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$, $\phi' = 35^\circ$ et $c' = 50 \text{ kPa}$. Les recommandations en matière de terrassement sont les suivantes :

- la pente peut atteindre 1H/3V, voire 1H/4V, exceptions faites des

terrassements réalisés dans des zones hétérogènes, et sous réserve que la hauteur du talus soit inférieure ou égale à 6 m ;

- au-delà de 6 m de hauteur et pour une pente dépassant 1H/3V, des gradins devront être confectionnés. Ces gradins doivent avoir une largeur minimale d'au moins la moitié de la hauteur de la paroi immédiatement au-dessus du redan ;
- pour des terrassements de plus de 15 m de hauteur, la réalisation d'une étude géotechnique est très fortement recommandée ;
- en cas de risque de chute de blocs généré par l'ouverture du talus (ce type de faciès étant fréquemment caractérisé par une altération en « boules »), les mesures appropriées doivent être prises en fonction du volume des instabilités et des enjeux exposés : purge, bridage, gunitage, clouage, pose de grillages, de filets, ...

b. Terrassements dans les altérites de type II

Les altérites de type II sont caractérisées par : $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $\phi' = 30^\circ$ et $c' = 20 \text{ kPa}$. En matière de terrassement, les recommandations pour ce type d'altération sont les suivantes :

- les talus peuvent atteindre une pente maximale de 50° sous réserve que leur hauteur soit inférieure ou égale à 6 mètres. Si le versant se révèle très humide (résurgences, suintements, écoulements, etc.), il est recommandé de limiter la pente à 35° (3H/2V environ) ;
- au-delà de 6 m de hauteur et pour une pente dépassant 50° , des gradins doivent être confectionnés. Ces gradins auront une largeur minimale d'au moins une fois la hauteur de la paroi immédiatement au-dessus du redan ;
- pour des terrassements de plus de 10 m de hauteur, la réalisation d'une étude géotechnique est très fortement recommandée ;
- en cas de risque de chute de blocs, d'éboulement et/ou de glissement généré par l'ouverture du talus, les mesures appropriées doivent être prises : purge, bridage, gunitage, clouage, pose de grillages, de filets, masque poids ou drainant, soutènement, drainage dans la pente...

c. Terrassements dans les altérites de type III

Les altérites les plus évoluées, de type III, sont caractérisées par : $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $\phi' = 25^\circ$ et $c' = 10 \text{ kPa}$. En matière de terrassement, les recommandations sont les suivantes :

- les talus peuvent atteindre une pente maximale de 35° sous réserve que leur hauteur soit inférieure ou égale à 6 mètres et que le contexte hydrogéologique est favorable. Si le versant se révèle très humide (résurgences, suintements, écoulements, etc.), il est recommandé de limiter la pente à 25° (2H/1V environ) pour une hauteur de 6 m ;
- au-delà de 6 m de hauteur, des gradins devront être confectionnés. Ces gradins auront une largeur minimale d'au moins une fois la hauteur de la paroi immédiatement au-dessus du redan ;
- pour des terrassements à partir de 8 m de hauteur, la réalisation d'une étude géotechnique est très fortement recommandée ;
- en cas de risque de glissement généré par l'ouverture du talus, les mesures appropriées doivent être prises : purge, masque poids ou drainant, soutènements, drainage dans la pente...

d. Terrassements routiers

Concernant les terrassements routiers (MO DEAL), il est recommandé de terrasser « raide » et prévoir en parallèle les mesures de soutènement idoines qui par leur seule présence protégeront les talus de l'érosion, plutôt que de taluter plus « mollement » sans pouvoir drainer et protéger efficacement contre l'érosion les grandes surfaces mises à nu, du fait de la difficulté de les remettre en végétation en particulier. Cependant, au droit des zones manifestement affectées par des instabilités actives, il est impératif d'engager des études géotechniques préalables pour ne pas déstabiliser un peu plus le versant.

Actions à bannir :

- Réglage sur les talus des matériaux issus de curage des fossés : il faudra préférer un enlèvement des terres en site de stockage pour une revalorisation
- Sarclage au godet de la végétation dans les fossés : il faudra préférer le passage du gyrobroyeur à 10cm du sol minimum
- Remblais poussés sur les bords de route. Les terres excavées ne peuvent pas être réutilisées en matériau de remblais sans une étude géotechnique, sans définition des conditions de compactage.

e. Maîtrise des eaux

Au vu de l'importance des différences de résultats observés, il est indispensable de systématiser les mesures d'accompagnement destinées à maîtriser les écoulements d'eaux pluviales (au sein même du talus et provenant du versant

amont), il convient de :

- maîtriser l'eau dans tout le bassin versant en créant par exemple des collecteurs d'eaux pluviales pour les lotissements, pour les routes, les terrains agricoles ;
- végétaliser les sols mis à nu pour limiter les ruissellements et les infiltrations, réduire les vitesses d'écoulement et ainsi éviter l'érosion des sols ;
- créer une pente minimale de 5 % dans les zones planes afin de favoriser l'évacuation des eaux et limiter l'infiltration ;
- mettre en place de réseaux de caniveaux ou de fossés drainants pour la collecte et l'évacuation des eaux vers un exutoire neutre, en particulier en arrière de la tête de talus ;
- dans les talus à redans, aménager les risbermes de façon à favoriser l'évacuation des eaux de ruissellement (légère pente donnée à la plateforme). En fonction des situations, des caniveaux de collecte et d'évacuation pourront être mis en place sur les risbermes ;
- lors de travaux en période pluvieuse, prendre des mesures pour prévenir la détérioration des talus (pose de membranes imperméables en parement par exemple) ;
- ne pas colmater les fissures en versant dans les altérites, en remblayant par-dessus, de façon à ne pas contraindre le « drainage » des niveaux plus ou moins superficiels.

4

Lutte contre l'érosion sur les chantiers de construction

4.1 Contexte

Depuis les années 70, la France s'est dotée de moyens légaux permettant d'agir directement sur le contrôle de l'érosion. Le Code de l'Environnement réglemente bien les chantiers de construction d'envergure, notamment par l'obligation de réaliser des études d'impacts environnementaux pour les grands travaux assujettis. Les chantiers domiciliaires se soustraient à cette obligation, bien qu'ils puissent engendrer d'importants impacts sur le milieu. Il revient donc aux communes de faire appliquer aux chantiers privés les normes environnementales incluses dans le code de l'environnement et dans les différents règlements, politiques et normes sous-jacentes à ce code. À cet égard, tenir compte de la politique de la protection des rives, du littoral et des plaines inondables demeure un incontournable. Bien que plusieurs de ces règles et normes visent les implantations permanentes, les incidences des **travaux temporaires lors des chantiers demeurent sous-estimées et peu encadrées sur le plan réglementaire.**

Le présent guide a donc pour but de présenter les causes et les impacts de l'érosion sur les chantiers de construction résidentielle et commerciale. Il propose aussi des solutions pratiques de contrôle qui devraient être introduites dans la pratique ainsi que dans les règlements et les politiques municipales.

4.2 Objectif

Les objectifs spécifiques sont :

- Contrôler à la source l'érosion résultant de la perturbation des sols lors de travaux.
- Prévenir les impacts négatifs de la perturbation des sols sur la qualité des cours d'eau récepteurs, les ressources naturelles, le réseau de drainage et les propriétés voisines.
- Éliminer les coupes inutiles ou abusives de végétation lors de travaux.

4.3 L'érosion sur les chantiers de construction

L'érosion est définie par l'entraînement des particules du sol consécutif à l'action mécanique de l'eau. En général, l'érosion est causée par la dénudation des sols et l'intensification du ruissellement dû à la l'augmentation des surfaces

imperméables. Sur les chantiers de construction à Mayotte, les causes de l'érosion sont :

- mise à nu des sols pendant les travaux ;
- exposition du sol dénudé aux précipitations pendant de longues périodes (parfois plusieurs années);
- entreposage des terres excavées à haut potentiel érosif au bord des routes, dans les fossés , les ravines, le lagon sans protection adéquate ;
- modification du relief (profil et du niveau du sol) ;
- modification du patron naturel de drainage des terrains ;
- transport des matériaux d'érosion (entraînement de terre et boues) dans la rue par les véhicules de construction, notamment en saison des pluies ;
- absence de stabilisation des sites durant les périodes d'arrêt des travaux.

La gestion efficace de l'érosion a un impact local et bénéfique à plusieurs égards :

- limiter la perte de sol et de matériaux nécessaires aux travaux d'aménagement autour du bâtiment;
- diminuer l'envasement des aires de chantiers et améliorer l'efficacité/rentabilité des engins;
- réduire l'apport de sédiments dans le réseau de drainage de la commune;
- diminuer la pollution des cours d'eau;
- réduire les coûts d'entretien du réseau de drainage;
- prévenir le blocage des guets et embâcle des ponts;
- prévenir le colmatage, l'envasement des ravines ;
- éliminer le ravinement des surfaces en pentes ;
- éviter la détérioration du lagon.

4.4 Rappel des responsabilités des différents acteurs d'un chantier

Le tableau suivant fait un rappel des responsabilités de chacun des acteurs et démontre que tous ont un rôle à jouer dans le contrôle de l'érosion avant et durant les travaux.

Acteurs	Rôles
<i>Maitrise d'ouvrage (Propriétaire)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • À l'origine du besoin • Finance la/les prestation(s) : la construction et les services de vérification et d'inspection • Responsable de la prise en compte des règles environnementales
<i>Maitrise d'œuvre (Architectes et concepteurs)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Visite et expertise du site et de ces contraintes • Elabore des plans détaillés • Implique la maitrise d'ouvrage et travaille avec l'Inspecteur dès les premières étapes du développement des plans • Garant et responsable de la bonne execution des travaux • prend en compte des règles environnementales • Réunit tous les acteurs dans le cadre d'un groupe de travail pré-construction
<i>Entreprise et sous-traitants</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Est sensible au contrôle de l'érosion • Suit les objectifs de résultats • Fait du suivi une priorité • Exécute les plans élaborés par la Maitrise d'Œuvre • Est force de proposition pour adapter le design aux contraintes de site identifiées en phase chantier mais initie le contact avec l'inspecteur et la maitrise d'œuvre avant de dévier des plans initiaux • Applique les règles environnementales
<i>Contrôleur / Inspecteur</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Connaît et maîtrise la réglementation et les plans (dimensionnement et bonnes pratiques) • Sait reconnaître les sites réglementaires ou non • Effectue des inspections régulières du chantier • Est prêt à renforcer les mesures de contrôle si nécessaire

Lacunes identifiées/possibles
<ul style="list-style-type: none"> • Sous-estimation des nuisances et impacts des travaux temporaires en phase chantier • Budget inadéquat alloué au contrôle de l'érosion • Sous-estimation / méconnaissance de la nécessité de mettre les moyens suffisant pour dimensionner et entretenir les dispositifs de contrôle de l'érosion
<ul style="list-style-type: none"> • Absence de plans ou plans de contrôle de l'érosion trop complexes • Spécification de matériaux non approuvés • Design ne laissant pas place à des changements durant les travaux • Négligence de la stabilisation des sols dans le design • Maintenance non considérée dans le des couts en phase d'offre (BPU)
<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de matériaux non approuvés • Maintenance non faite car non estimée en phase d'offre • Manque de techniques vouées au contrôle de l'érosion • Non-reconnaissance des changements dans les conditions du site • Considération de la maintenance comme un correctif et non une prévention
<ul style="list-style-type: none"> • Manque de ressources règlementaires pour faire appliquer les pratiques de contrôle de l'érosion • Manque de sensibilisation au contrôle de l'érosion • Contrôle non régulier, dérives pas assez sanctionnées

4.5 Principes de base

La meilleure façon de prévenir l'érosion est de ne pas perturber le sol. Afin de réduire les impacts du développement résidentiel, les projets devraient être planifiés de manière à éviter de modifier les zones sensibles telles que les thalwegs et ravines, les pentes raides, les milieux humides, etc. Il faut également considérer l'intégration de la végétation existante dans la conception des projets.

Les solutions les moins coûteuses sont les plus efficaces. C'est en agissant le plus rapidement possible que l'on peut utiliser les solutions les moins complexes. **La lutte contre l'érosion commence donc avant le début des travaux par une bonne planification du déroulement des actions et de l'aménagement du site.** Le tableau suivant énumère les principes généraux de la lutte à l'érosion.

Principes	Aspects à considérer
<i>Définir les aires de travail requises à l'échelle des lots et de l'ensemble du projet de développement</i>	<ul style="list-style-type: none">• Prévoir l'emplacement des aires d'entreposage des matériaux meubles• Déterminer les surfaces de circulation de la machinerie et des camions de transports.• Limiter le déboisement et protéger les sols naturels (racines, litière...)• Délimiter ces zones par des clôtures et des rubans• Faire les travaux par étapes sur les chantiers présentant plus de 2 ha de sol perturbé permet de diminuer la surface de sol dénudé
<i>Planifier le drainage des surfaces de travail en visant la réduction de l'érosion des sols</i>	<ul style="list-style-type: none">• Comprendre le système de drainage naturel pour mieux adapter les mesures de prévention et d'atténuation• Dériver dans les secteurs adjacents à l'aire de travail les eaux de drainage provenant des pentes environnantes• Isoler et confiner le drainage des aires de travail pour limiter le transport des sédiments dans les cours d'eau• Atténuer les vitesses de ruissellement• Prévoir des zones d'interception des sédiments (bassins de sédimentation, barrières filtrantes)• Atténuer à la source les zones d'érosion potentielles
<i>Se doter d'un plan de contrôle et de suivi</i>	<ul style="list-style-type: none">• Planifier les travaux en fonction des prévisions météorologiques et mettre en place les mesures de protection requises• Vérifier et entretenir les mesures de contrôle après chaque averse• Apporter les correctifs nécessaires pour que les mesures soient toujours efficaces

4.6 Identification des problématiques et propositions

Une liste de problématiques majeures liées à l'érosion sur les chantiers de construction a été dressée :

1. Sol plat mis à nu et 2. Sol en pente mis à nu, terrassement, talus

Dans ces deux cas, l'objectif est de revégétaliser de façon permanente dans les 30 jours après la mise à nu du sol ou appliquer des mesures de protection temporaires.

Appliquer un agent protecteur (paillis, fibre de cellulose de bois) pour protéger l'ensemencement pendant qu'il prend racine dans les pentes moyennes à fortes. Les mesures de protection temporaires s'utilisent pour réduire l'érosion et le ruissellement avant que des mesures permanentes puissent être mises en place.

Pour les sols plats mis à nu, voir les fiches Déboisement (Fiche 1), Ensemencement et Hydro-ensemencement (Fiche 2), Végétalisation (Fiche 3), Gestion des matériaux (Fiche 4), et Paillage et mulch hydraulique (Fiche 5).

Pour les sols en pentes mis à nus, les terrassements et les talus, voir les fiches Ensemencement et Hydro-ensemencement (Fiche 2), Végétalisation (Fiche 3), Paillage et mulch hydraulique (Fiche 5), Redan, berme ou banquette et Microrelief (Fiche 6), Géotextiles (Fiche 8), et Soutènements (Fiche 9).

3. Entreposage du matériel d'excavation mal localisé et évacuation des déblais

Les tas de terres sont rarement protégés contre les intempéries, tout comme les matériaux de construction, les déblais ne sont quasiment jamais envoyés en site de stockage, ils sont régulièrement poussés dans les pentes à l'aval du projet, voir déposés dans les ravines avoisinantes ou directement au bord des routes ou dans les mangroves. L'objectif est de rétablir et encourager les bonnes pratiques de protection des tas de terres et l'emport des matériaux excédentaires en site de stockage.

Voir la fiche Contenir les matériaux sur le chantier (Fiche 4).

4. Accès au chantier non stabilisé

Les boues issues du chantier vont se déposer en bord de chaussée, et vont être rapidement remobilisées par le passage des véhicules. L'objectif est d'isoler le chantier du reste du bassin versant, pour qu'il n'y ait pas d'empôts de matériaux.



Voir les fiches Contenir les matériaux sur le chantier (Fiche 4) et Géotextiles (Fiche 8).

5. Mauvaise protection des systèmes de drainage



Les systèmes de drainage sont fortement sollicités en saison des pluies, et particulièrement lors d'épisodes violents. Les systèmes sont rapidement colmatés

et endommagés lorsqu'ils se situent à l'aval de chantiers. L'objectif est de prévoir et dimensionner les protections des ouvrages de drainage pendant et après la phase chantier.

Voir la fiche *Protection des exutoires et pièges à sédiments (Fiche 7)*.

6. Mauvaise préparation pour la saison des pluies

Les chantiers à Mayotte sont régulièrement arrêtés pour plusieurs mois lorsque la météo ne permet plus un avancement suffisant pour l'entreprise. Lors de ces arrêts aucune disposition n'est prise pour protéger le chantier des précipitations ou des ruissèlements des eaux. L'objectif d'un phasage de chantier prenant en compte la saison des pluies et de tenir compte dès la phase de conception du projet des aménagements à mettre en place juste avant la saison des pluies et de l'entretien du chantier pendant l'arrêt.

Voir les fiches *Ensemencement et Hydro-ensemencement (Fiche 2)*, *Végétalisation (Fiche 3)*, *Contenir les matériaux sur le chantier (Fiche 4)*, *Paillage et mulch hydraulique (Fiche 5)*, *Protection des exutoires et pièges à sédiments (Fiche 7)*, et *Géotextiles (Fiche 8)*.

On estime que l'utilisation adéquate des mesures de contrôle de l'érosion sur ces 6 points peut réduire de 90 % la perte de sol sur les sites en construction.

4.7 Mise en place des bonnes pratiques

À Mayotte, les projets ne prennent que très peu en considération la problématique d'érosion, quelle que soit la taille et quel que soit le maître d'ouvrage. Le cadre législatif existe et la prise en compte de l'environnement doit inclure :

a. Le respect de la législation en vigueur

À ce titre, la réglementation française s'applique, notamment le fait que les chantiers doivent se soumettre aux codes de l'Environnement, de l'Urbanisme et du Travail. La liste des textes réglementaires n'est donnée qu'à titre d'information. Elle n'est pas exhaustive et il convient donc de vérifier la dernière réglementation en vigueur.

Réglementation du chantier

- Décret n°77-254 du 8 mars 1977 relatif au déversement des huiles et lubrifiants neufs ou usagés dans les eaux superficielles, souterraines et de

mer ;

- Décret n°79-981 du 21 novembre 1979 concernant les détenteurs d'huiles minérales ou synthétiques usagées ;
- Loi n°92-646 du 13 juillet 1992 (modifiant la loi n°75-633 du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux) ;
- Loi n°92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit ;
- Décret n°94-609 du 13 juillet 1994 relatif aux déchets d'emballage dont les détenteurs ne sont pas les ménages ;
- Décret d'application n°95-79 du 23 janvier 1995 concernant les objets bruyants et les dispositifs d'insonorisation ;
- Code de la Santé Publique. Décret n°95-408 du 18 avril 1995 relatif à la lutte contre les bruits du voisinage ;
- Décret n°96-98 du 7 février 1996 relatif à la protection des travailleurs contre les risques liés à l'inhalation de poussières d'amiante ;
- Arrêtés du 12 mai 1997 fixant les dispositions communes applicables aux matériels et engins de chantier ;
- Directive no 2003/10/CE du 6 février 2003 relatif aux prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques

Réglementation sur les déchets

- Codes de l'Environnement, de l'Urbanisme, du Travail ;
- Loi n° 75-633 du 15 juillet 1975, relative à l'élimination des déchets et récupération des matériaux ;
- La loi n° 95-101 du 2 février 1995, relative au renforcement de la protection de l'environnement ;
- Le décret du 13 juillet 1994 relatif à l'élimination des déchets d'emballages industriels et commerciaux ;
- Le décret du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets ;
- Circulaire du Ministère de l'Environnement du 15 février 2000 relative à la planification de la gestion des déchets de chantier du bâtiment et des travaux publics ;
- Les règles de sécurité éditées par le Ministère du Travail ;

b. Les démarches relatives à l'obtention des autorisations administratives nécessaires pour l'exécution de l'ouvrage

Selon l'échelle des chantiers, les autorisations administratives passent par l'autorité communale, ou Etatique. Dans tous les cas, l'ensemble des autorisations doit être rassemblé et doit systématiquement intégrer la thématique de l'érosion.

À ce titre, **l'auto construction** doit impérativement passer par l'instruction d'un permis de construire qui permettra de mettre le projet en conformité avec les documents d'urbanisme en cours de validité (ou du code de l'urbanisme), notamment vis-à-vis de la prise en compte de la thématique érosion.

Pour les **grands chantiers**, le champ d'application de l'évaluation environnementale des projets (étude d'impact) est appréhendé par les dispositions du code de l'environnement, dans leur rédaction issue du décret n°2016-1110 du 11 août 2016.

Relèvent de l'évaluation environnementale les projets répondant à une ou plusieurs des rubriques énumérées par une liste tableau annexé à l'article R. 122-2 du code de l'environnement. Ces rubriques sont fondées sur :

- la nature du projet : le fait de relever de certaines catégories prédéfinies de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements soumet systématiquement certains projets à évaluation environnementale. Exemples : les installations nucléaires de base, les canalisations pour le transport de certains fluides (eau chaude ou surchauffée, vapeur d'eau, gaz inflammables, nocifs ou toxiques, dioxyde de carbone), les opérations d'aménagements fonciers, agricoles et forestiers...
- des seuils : le franchissement d'un seuil prédéfini soumet systématiquement certains projets à évaluation environnementale. En dessous de ce seuil, les projets sont :
 - soit soumis à la procédure d'examen au cas par cas ;
 - soit dispensés.

c. Le respect des exigences spécifiques du marché des manigances des gabians qui se respectent

Dans le cadre de **l'auto construction**, il conviendra au propriétaire maître d'ouvrage ou de son maître d'œuvre (architecte, mandataire) de définir les exigences spécifiques définies par le permis de construire et de s'assurer que les entreprises de construction (terrassement principalement) prendront en compte ses exigences.

Dans le cadre de la définition du projet, La Maitrise d'ouvrage aussi bien que la Maitrise d'œuvre doivent tenir compte de la thématique érosion à partir de la phase de conception, aussi bien pour le projet in fine que pour l'impact qu'il pourrait avoir lors de la phase chantier. Par la suite cette prise en compte de l'érosion doit être traduite au sein des pièces du marché avec l'entreprise de construction. A minima, il doit inclure :

- Ratification d'une charte chantier vert ou haute qualité environnementale
- CCTP détaillant les solutions techniques de lutte contre l'érosion à mettre en place, et ouvrir le marché aux alternatives proposées par les entreprises
- BPU intégrant la lutte contre l'érosion

d. La maîtrise des dispositions relatives à l'environnement, particulières à l'exécution des travaux.

Cette prise en compte est de la responsabilité du maître de l'ouvrage, du maître d'œuvre et de l'entrepreneur. Le contrôle de police de l'environnement doit être assuré pour développer la prise en compte de la thématique sur l'ensemble des chantiers structurants mais aussi à l'échelle de la parcelle.

Pour la prise en compte des dispositions environnementales, aussi bien pour le projet in fine que pour l'impact qu'il pourrait avoir lors de la phase chantier, doivent passer par un triptyque de formation sensibilisation et contrôle.

5 Les fiches techniques

Fiches techniques	Sol plat mis à nu	Sol en pente mis à nu, terrassement, talus	Entreposage du matériel d'excavation et évacuation des déblais	Stabilisation des accès au chantier	Protection des systèmes de drainage	Préparation du chantier pour la saison des pluies	Établir un plan de contrôle et de suivi	Rédiger un marché de construction
1. Déboisement	×							×
2. Ensemencement et hydro-ensemencement	×	×				×		×
3. Végétalisation	×	×				×		×
4. Contenir les matériaux sur le chantier	×		×	×		×		×
5. Paillage et mulch hydraulique	×	×				×		×
6. Redans, bermes ou banquettes et microreliefs		×						
7. Protection des exutoires et pièges à sédiments					×	×		×
8. Géotextiles		×		×		×		×
9. Soutènements		×						
10. Autoconstruction							×	
11. Suivi et contrôle de chantier							×	

Sous une végétation naturelle (friche, forêt), la protection des sols par la végétation est forte. L'accumulation de végétaux et feuilles mortes au sol favorise une activité biologique propice au développement de l'humus. L'infiltration est optimisée ainsi que la rétention en eau dans le sol. Le ruissellement est faible.

Pour les chantiers, tout défrichage non géré va induire un déséquilibre et rendra les terrains vulnérables aux processus érosifs. En plus d'avoir des bénéfices directs sur le contrôle de l'érosion due au ruissellement, maintenir le plus grand couvert végétal possible sur le site offre les avantages suivants :

Pour le promoteur et l'entrepreneur :

- sert d'écran au bruit et à la poussière
- réduit les coûts de construction et de maintenance jusqu'à 6 000 € / ha (Schueler 1995)
- réduit les coûts de gestion des eaux pluviales de 2500 à 60 000 € / ha (Schueler 2000)

Pour le propriétaire :

- augmente la valeur de la propriété
- améliore la qualité de vie et protège des ultra-violets

L'objectif de cette fiche est de limiter les effets néfastes du défrichage face aux risques d'érosion des sols.



- Mise en valeur de terrains pour la production agricole
- Meilleure disponibilité en lumière pour les cultures



- Augmentation des problèmes de ruissellement et érosion des sols
- Perte potentielle en biodiversité
- Travail pénible et chronophage comparé à l'abattage mécanique et aux brulis

Exemples de solutions :

1. Identifier et conserver les aires de végétation qui ne nuiront pas aux travaux;
2. Garder au moins 30 % du terrain à son état original;
3. S'assurer qu'au moins 50 % du développement soit boisé et /ou reboisé;
4. Garder une bande de végétation naturelle aux frontières du terrain, et ce sur un pourtour d'environ 5 mètres;
5. Dans les cas où il n'y a pas de végétation au pourtour ou si le relief ne favorise pas l'application de cette mesure, il y a lieu d'exiger la mise en place de barrières à sédiments et la couverture temporaire des sols déblayés ;
6. Respecter la réglementation relative aux bandes riveraines.

Ouverture du terrain

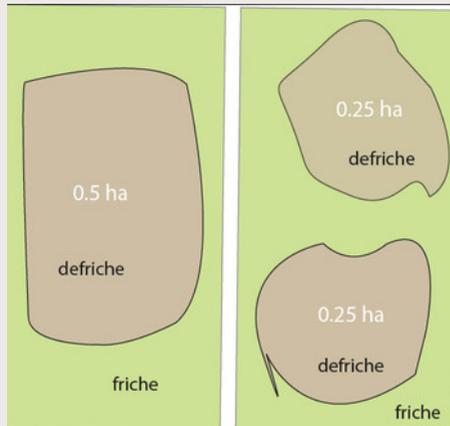
1. Défricher le terrain en préférant l'abattage manuel à l'abattage mécanique et au brulis. L'abattage avec des engins mécaniques est rapide mais conduit au tassement et à la destruction de la structure du sol. L'abattis brulis dégrade l'humus, détruit la structure du sol.
2. Ajuster l'abattage d'arbres en fonction des besoins d'accès au chantier, limiter l'abattage des grands arbres à ceux qui sont nécessaires. Autant que possible, préférer la découpe d'arbres au ras du sol au dessouchage.
3. Couper la végétation herbacée et arbustive en la laissant sur le sol au fur et à mesure.
4. Sur parcelle avec pente, conserver des arbres en haut de versant pour fixer le sol d'une part et d'autre part, permettre l'apport de feuilles mortes qui seront entraînées en aval pour constituer un paillage naturel.
5. Sur terrain en pente, éviter de défricher la parcelle dans le sens de la longueur de pente.



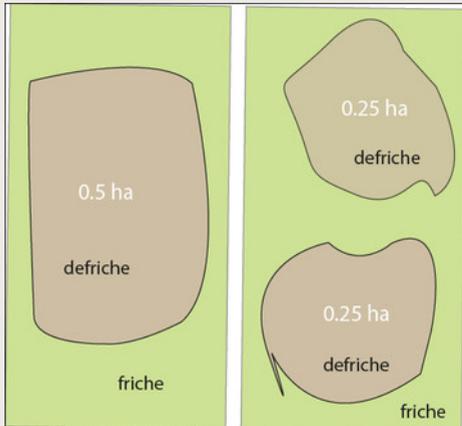
Le défrichage en mosaïque de parcelles est préconisé dans la limite du possible avec les aménagements envisagés. Cette approche permet de réduire la longueur de pente.



Défrichage en mosaïque



Défrichage d'un seul tenant



Protection des arbres en phase chantier

Quelques règles de base sont à suivre afin de ne pas détériorer les arbres et le couvert végétal pendant les travaux.

- Bien identifier les limites de l'aire de travail. Sachant que le premier mètre de végétation adjacent à un sol remanié sera perturbé, la délimitation de l'aire de travail devra être planifiée en conséquence.
- Prévoir que les grands arbres laissés sur place lors du déboisement pourraient être très vulnérables. L'expertise d'un spécialiste pourrait être requise.
- Ne jamais remblayer ou compacter les racines.
- Dans le cas où il faut circuler sur un sol forestier maintenu en place, étendre un géotextile sur toute la voie et placer de l'enrochement afin de réduire la compaction du sol.
- Pour protéger un arbre unique dans un remblai, dégager le contour du tronc sur un rayon d'au moins un mètre et placer des murets ou laisser une dénivellation.
- Protéger les arbres avec des clôtures pour éviter les bris par accident.
- Dans le cas où des racines doivent être coupées, faire une coupe nette et droite, afin d'augmenter les chances de survie de l'arbre.

Le défrichage et le nettoyage peuvent se réaliser en début de saison sèche, pour un terrassement en période sèche et une revégétalisation prévue en saison pluvieuse suivante. Ce temps de l'ordre de 4 à 6 mois peut être suffisant pour la dégradation par les organismes du sol, de certains types de feuillages et petits branchages.

FICHE TECHNIQUE N°2

Ensemencement et Hydro-ensemencement

Une revégétalisation rapide des sols dénudés permet d'éviter l'utilisation de méthodes plus complexes et plus coûteuses de contrôle de l'érosion. Il est également recommandé d'effectuer l'aménagement paysagé préliminaire le plus rapidement possible. Il ne faut pas considérer l'aménagement extérieur comme la dernière étape d'une construction résidentielle, contrairement à la pratique courante.

En fait, le nivellement et la stabilisation du sol devraient être faits le plus rapidement possible. Outre les accès pour la machinerie lourde, tout le terrain, y compris le contour et les fossés, devrait être stabilisé de façon temporaire pour la durée des travaux ou, si possible, de façon permanente.

Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Stabiliser les sols décapés par l'ancrage racinaire des végétaux
- Ralentir les écoulements superficiels et favoriser l'infiltration des écoulements superficiels

Ensemencement

C'est l'application de semences sur des sols décapés après chantier.

La strate herbacée constitue l'un des moyens les plus efficaces pour lutter contre l'érosion des sols. Elle participe aussi à l'intégration paysagère du projet dans son environnement. Parmi les deux techniques d'ensemencement couramment utilisées, citons :

- L'ensemencement manuel, avec ou sans semoir (facilement mobilisable à faible coût, en lien avec les pépiniéristes) ;
- L'ensemencement par projection hydraulique qui consiste à projeter à l'aide d'un canon à eau un mélange d'eau, de graines, d'engrais et d'une émulsion fixatrice (ou « liant cellulosique ») qui génère rapidement une couverture protectrice des sols.

De nombreuses émulsions fixatrices sont disponibles et adaptées à différents types de sols et de sites. Il est recommandé de toujours favoriser l'utilisation de produits biosourcés et biodégradables à même le sol.



Il s'applique :

- Lors d'un arrêt prolongé des travaux, sur une surface présentant un risque important d'érosion
- Lors de la remise en état définitive de sols décapés pour les besoins d'un chantier

Il importe d'éviter toute projection manuelle ou hydraulique de semences dans les cours d'eau ou en zones humides.

L'ensemencement manuel est adapté aux petites surfaces ou aux sites difficilement accessibles par les engins, et qui restent décapés suffisamment longtemps pour qu'une strate herbacée soit utile à la maîtrise de l'érosion. Exemples : berges, talus, noues, merlons, bords de bassin de décantation, etc.

L'ensemencement par projection hydraulique sans hydromulch est :

- Adapté aux sols riches ou aux sols pauvres préalablement amendés ;
- Conseillé sur des surfaces peu à moyennement pentues (< 50 %)

Recommandations communes à toutes les techniques

Loin d'être un simple « accessoire de verdissement », les modalités d'ensemencement des sols décapés doivent faire l'objet d'une étude spécifique comprenant les étapes suivantes.

1. Choisir le mélange de graines à utiliser. À cette fin, prendre en compte :

- les caractéristiques géologiques et pédologiques des sols décapés ;
- les caractéristiques bioclimatiques du site (saison, pluviométrie), afin d'anticiper les besoins en eau et les risques de lessivage ;
- les enjeux écologiques, du fait notamment d'un risque de pollution génétique par les espèces végétales employées dans le mélange de graines ;
- l'utilisation du site après le projet : absence de gestion ou d'entretien, pâturage de vaches en divagation, broyage épisodique ou fréquent, etc. ;
- la topographie du site (les surfaces pentues au-delà de 50 % devant plutôt bénéficier d'un hydromulch).

Les proportions entre graminées et légumineuses varient en fonction des objectifs de l'ensemencement : pour des applications temporaires, des espèces annuelles à germination rapide sont optimales ; alors que pour des applications pérennes, un cortège d'espèces vivaces sera plus performant.

2. Choisir les zones à ensemercer

Il est possible de laisser quelques petites surfaces décapées sans traitement, dès lors que ces dernières sont situées sur des sols plats, présentant peu ou pas de risques d'érosion et permettant une reprise végétale par des espèces locales pionnières (par ex. : pelouses rases, affleurements rocheux).

3. Définir le type d'ensemencement à effectuer (manuelle, par projection hydraulique)



4. Avant de procéder à l'ensemencement

- vérifier la qualité de la terre à ensemercer. Si cette dernière s'avère inadaptée, la compléter d'une couche de terre végétale, de compost ou autre mulch permettant d'optimiser la reprise végétale ;
- nettoyer la surface décapée à ensemercer (retirer les déchets, racines, blocs, etc.) ;
- créer des microreliefs (empreintes, sillons, marches : fiche Lutter n°2) afin de piéger les graines et de faciliter la pénétration des racines. À noter que l'hydroseeding a généralement moins besoin de préparation des sols que les autres techniques, dès lors qu'il est couplé à une émulsion fixatrice ;
- installer les dispositifs de gestion des écoulements superficiels en amont et sur la surface à ensemercer. C'est plus particulièrement recommandé lorsque l'ensemencement est effectué en début de saison des pluies ;
- prévoir et adapter les besoins en eau pour l'arrosage en fonction des caractéristiques du site (exposition, saison, humidité du sol, etc.) ;
- prévoir de réaliser un sur-semis dans le cas où le premier ensemencement répond insuffisamment aux objectifs.

Recommandations spécifiques aux applications manuelles :

- Épandre les semences immédiatement après, quand le sol est humide
- Utiliser une herse ou tout autre dispositif assurant un contact maximum entre les graines et le sol
- Doser 5000 graines/m² (correspond à un dosage acceptable selon les espèces concernées)
- En l'absence de préparation initiale du sol, cette technique perd de son efficacité sur des surfaces dont la pente dépasse 25 %.

Recommandations spécifiques à l'ensemencement par projection hydraulique :

Trois catégories d'ensemencements par projection hydraulique peuvent être distinguées. La couverture des surfaces à ensemercer et les dosages dépendent du type de projection employé (avec ou sans mulch), de la préparation du sol au préalable, de la nature de l'ouvrage, etc.

Catégorie	<i>Hydroseeding / hydrosemis / semis hydraulique / ensemencement hydraulique</i>	<i>Hydromulching</i>	<i>Hydrobouturage (ou Hydrosprigging)</i>
Objectif	Établir rapidement une strate herbacée et ligneuse	Établir une strate herbacée couplée simultanément à une couverture temporaire et antiérosive des sols	Établir une strate herbacée à partir de boutures ou de stolons par application simultanée d'une matrice fibrillaire destinée à « enrober » la matière végétale permettant de fluidifier le mélange, de limiter les pertes lors de l'application et d'accélérer l'enracinement
Champs d'application	Terrains faiblement pentus, non nécessairement préparés et présentant une valeur agronomique moyenne à bonne	Terrains pentus ou présentant une valeur agronomique médiocre à très faible	Terrains faiblement pentus
Exemples	Pelouses traditionnelles, merlons terreux	Talus déblais ou avec de grands développés, semis en zone tropicale, semis sur substrat argileux, graveleux, sableux	Espaces enherbés / terrains de foot / toitures végétalisées

En cas d'ensemencement sur des surfaces très pentues (> 50 %), pauvres en nutriments, fortement soumises à l'érosion ou difficiles à traiter par chenillage : combiner la projection hydraulique de semences à un mulch. Ces derniers assurent en effet une bonne adhésion des graines au sol et les protègent du

lessivage et de l'assèchement (fiche paillage n°4).

Dans le cas d'ensemencements combinés à un mulch ou un géotextile, une ou plusieurs étapes sont nécessaires :

- soit l'hydroseeding est directement additionné au mulch : la projection s'effectue en une seule étape, mais toutes les graines ne sont pas en contact avec le sol (une portion restant piégée dans le mulch). Dans ce cas, la concentration des graines doit être augmentée afin de compenser cette perte ;
- soit l'hydroseeding puis le mulch (ou un géotextile) sont appliqués successivement. Deux étapes sont alors nécessaires mais la quasi-totalité des graines est en contact avec le sol. La concentration en graines utilisée peut être plus faible.



Entretien, points de vigilance

- Anticiper et gérer les écoulements superficiels avant d'ensemencer, ceci afin d'éviter tout processus d'érosion qui retarderait la reprise végétale ;
- Contrôler immédiatement l'ensemencement réalisé sous deux angles différents : depuis le haut et depuis le bas de la surface ensemencée ;
- Inspecter les surfaces ensemencées après chaque épisode pluvieux et réensemencer les zones lessivées. Quelques jours après la projection des graines : identifier les zones n'ayant pas germé et réensemencer manuellement ces surfaces ; le cas échéant, arroser les surfaces ainsi ensemencées ;

- Suite à la germination (une semaine après l'ensemencement normalement) : inspecter régulièrement le site. Prévoir de réensemencer les zones présentant moins de 80 % de couverture végétale.



- Réduire les coûts (comparé à d'autres techniques), notamment pour les grands chantiers
- Réduire la vitesse des écoulements superficiels
- Réduire les volumes d'eaux et de sédiments à traiter au point bas du chantier
- Créer potentiellement des habitats favorables à certaines espèces animales
- Répondre aux attentes paysagères



- Nécessité de planifier à l'avance l'ensemencement des sols décapés, au fur et à mesure de l'avancement du chantier si besoin
- Rapidité d'action variable, le laps de temps entre l'ensemencement et l'établissement d'une couche végétale dépendant des conditions locales
- Résultats potentiellement médiocres (1) en saison sèche ; et (2) sur altérites pauvres en nutriments. Prévoir un paillage des sols, un amendement
- Risque de lessivage des semences en l'absence d'un traitement préalable des sols
- Risque de surcoût lors de l'utilisation d'un mélange de semences « sur mesure »

FICHE TECHNIQUE N°3

Végétalisation

Une revégétalisation rapide des sols dénudés permet d'éviter l'utilisation de méthodes plus complexes et plus coûteuses de contrôle de l'érosion. Il est également recommandé d'effectuer l'aménagement paysager préliminaire le plus rapidement possible. Il ne faut pas considérer l'aménagement extérieur comme la dernière étape d'une construction résidentielle, contrairement à la pratique courante.

En fait, le nivellement et la stabilisation du sol devraient être faits le plus rapidement possible. Outre les accès pour la machinerie lourde, tout le terrain, y compris le contour et les fossés, devrait être stabilisé de façon temporaire pour la durée des travaux ou, si possible, de façon permanente.

Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Stabiliser les sols décapés par l'ancrage racinaire des végétaux
- Ralentir les écoulements superficiels et favoriser l'infiltration des écoulements superficiels

La végétation a un rôle majeur dans la protection des sols. En effet, elle protège de l'impact des gouttes de pluies, ralentit le courant, stabilise les berges des ravines, fait barrière au vent, facilite l'infiltration, l'agrégation, etc. Il semble donc important de considérer la revégétalisation et la gestion du couvert existant comme des moyens de lutte efficace contre l'érosion. La revégétalisation peut être un reboisement, une mise en herbe, la plantation de haies ou la facilitation de l'installation de toute espèce végétale.

Il est à noter que la revégétalisation permet la lutte à faible coûts. Elle apporte également des co-bénéfices importants : pâturages, écosystèmes et paysages.

Le choix des espèces utilisées pour les revégétalisations doit être déterminé en premier lieu par l'adaptation de l'espèce au milieu. Il est recommandé d'utiliser les espèces présentes sur la zone. En effet, les risques d'échecs sont très importants si l'espèce est mal adaptée.

Ensuite, une espèce pourra être choisie pour ses caractéristiques morphologiques :

- Des racines fasciculées, par exemple, retiennent la surface de la terre alors que des racines pivotantes augmentent l'infiltration à long terme en laissant des tuyaux lorsqu'elles pourrissent.
- L'érosion diminue avec la diminution de la hauteur du couvert, préférer donc les buissons.

L'influence du couvert végétal sur l'érosion linéaire est complexe :

- Le couvert végétal, d'une part protège contre la battance des pluies, donc prolonge la perméabilité du sol et réduit le volume ruisselé.
- La rugosité au sol dépend du nombre de tiges par m². C'est ainsi qu'une couverture végétale formée d'herbacées à tiges nombreuses est plus efficace pour protéger le sol contre le ruissellement que des arbres.

Liste de quelques plantes à fort potentiel pour la revégétalisation

Nom scientifique	Nom commun	Disponibilité sur l'île	Complément possible	Type de port
<i>Acrosticum Aureum</i>	Fougère dorée	Commun	.	< 1,50 m
<i>Areca Catechu</i>	Aréquier	Commun	.	Palmier
<i>Avicennia Marina</i>	Palétuvier terrestre	Commun	.	Arbuste < 3 m
<i>Barleria Lupiluna</i>	Barbelé mahorais	.	.	Arbuste
<i>Barrigtonia Racemosa</i>	Bois carré	Peu commun	Semis en pépinière	Arbre
<i>Calophyllum Inophyllum</i>	Takamaka	Commun	Semis en pépinière	Arbre
<i>Cinnannomum Zeilanicum</i>	Cannelier	.	.	Arbuste
<i>Cymbopogon Citratus</i>	Citronnelle	Commun	.	Herbacée
<i>Dendrolmobium Umbellatum</i>	Gros trèfle	.	.	.
<i>Erythrina Fusca</i>	Erythrine	Commun	Semis en pépinière	Arbre
<i>Ficus Lutea</i>	Ficus jaune	Peu commun	.	Arbre
<i>Glyricidia Sepium</i>	.	Commun	.	Arbuste < 8 m
<i>Heritiera Littoralis</i>	Bois de table	Commun	Semis en pépinière	Arbre

Type d'utilisation	Moyens de multiplication	Croissance	Milieus humides	Milieus secs
Repiquage	Rhizomes	Rapide	.	.
.	Graines	Rapide	X	.
Semis direct plantules	Graines	Moyenne	.	.
.	.	.	X	X
Plantules	Graines	Rapide	.	.
Plantules	Graines	Moyenne	X	.
.	.	.	X	X
.	.	.	.	X
Semis ou boutures	.	Rapide	.	X
Semis direct plantules	Boutures graines	Rapide	X	.
Boutures pieux fascines	Boutures	Rapide	.	.
Boutures pieux fascines	Boutures	Rapide	X	X
Plantules	Graines	Moyenne	.	.

Nom scientifique	Nom commun	Disponibilité sur l'île	Complément possible	Type de port
<i>Hypparrhenia Rufa</i>	Jarangua	.	.	Herbacée
<i>Ipomea Aquatica</i>	Cresson chinois	.	.	Liane
<i>Jatrophia Curcas</i>	Pignons d'Inde	Commun	Semis en pépinière	Arbuste < 3 m
<i>Justicia Jendarusa</i>	Lapsouli malimani	Commun	.	< 2 m
<i>Mimusops Comorensis</i>	Nate	Commun	Semis en pépinière	Arbre
<i>Neraudia Arundinacea</i>	Sandze kalamu	.	.	Herbacée
<i>Panicum Maximum</i>	Herbe de Guinée	Commun	.	< 1,20 m
<i>Panicum Umbellatum</i>	Gazon coco	Commun	.	Rampante < 0,15 m
<i>Pennisetum Pupureum</i>	Canne fourragère	.	.	Herbacée
<i>Phoenix Reclinata</i>	Phoenix	Commun	Semis en pépinière	Palmier
<i>Phyllantus Pervilleanus</i>	Marroungatsolé	.	.	Arbre
<i>Polyscias Mayottensis</i>	.	Rare	.	Arbuste < 8 m
<i>Psidium Guajava</i>	Goyavier	.	.	.

Type d'utilisation	Moyens de multiplication	Croissance	Milieus humides	Milieus secs
.	.	.	.	X
Boutures	.	Rapide	X	.
Boutures pieux fascines	Boutures graines	Rapide	.	.
Semis direct repiquage	Graines	Rapide	X	.
Plantules	Graines	Moyenne	.	.
.	.	.	X	X
Semis direct repiquage	Graines	Rapide	.	X
Semis direct repiquage	Graines	Rapide	X	.
.	.	.	X	X
Semis direct plantules	Graines	Rapide	.	.
.	.	Rapide	X	X
Boutures pieux fascines	Boutures graines	Rapide	.	X
.	Graines	.	X	X

Nom scientifique	Nom commun	Disponibilité sur l'île	Complément possible	Type de port
<i>Pterocarpus Indicus</i>	Sandragon	Commun	.	Arbre
<i>Quassia Indica</i>	.	Rare	Semis en pépinière	Arbre
<i>Raphia Farinifera</i>	Raphia	.	.	Palmier
<i>Sporobolus Virginicus</i>	.	Commun	.	Rampante < 0,16 m
<i>Stenotaphrum Dimidiatum</i>	Gros chiendent	Commun	.	Rampante < 0,17 m
<i>Terminalia Cattapa</i>	Badamier	Commun	Semis en pépinière	Arbre
<i>Vetiveria Zizanioides</i>	Vetiver	.	.	.

Points de vigilance

Il est important de caler les plantations aux cycles climatiques de sorte à avoir un maximum de couverture sur les périodes de fortes précipitations. Ceci passe par une parfaite connaissance des saisons et des plantes.

Cette connaissance est d'autant plus importante que la protection du sol ne se résume pas à sa protection physique (plantes de couvertures, paillage,..), mais à la mise en place de pratiques qui favorisent une évolution optimale du sol à travers le maintien ou le développement de l'activité biologique et sa structuration tout en favorisant une protection sanitaire des cultures.

L'implantation judicieuse des plantes selon leurs caractéristiques permet d'assurer l'ensemble de ces prérogatives. À cet effet, les plantes de couverture constituent des « plantes de services » compte tenu des différents bénéfices attendus.

Type d'utilisation	Moyens de multiplication	Croissance	Milieus humides	Milieus secs
Boutures pieux fascines	Boutures	Rapide	X	X
Plantules	Graines	Moyenne	.	.
.	.	.	X	.
Semis direct repiquage	Graines	Rapide	.	.
Semis direct repiquage	Graines	Rapide	X	X
Semis direct plantules	Graines	Rapide	.	.
Repiquage	Boutures graines	Rapide	.	X



- Diversification de produits et donc sécurisation de la couverture
- Meilleure structure du sol avec les associations et successions
- Réduit les temps de travaux avec une meilleure gestion des adventices



- Nécessite accès à des plants/semences diversifiés
- Connaissance des caractéristiques des plantes pour éviter de mauvais choix d'associations et de successions de cultures
- Difficulté de mise en œuvre.

FICHE TECHNIQUE N°4

Contenir les matériaux sur le chantier

Le couvert végétal s'avère le meilleur allié en matière de prévention de l'érosion. Garder la végétation existante sur le site a énormément d'avantages, car c'est le meilleur agent contre l'érosion. Elle absorbe le choc des gouttes de pluie, réduit la vitesse de ruissellement et stabilise les pentes par ses racines. Il est important de savoir qu'une surface revégétalisée reste moins efficace qu'une surface végétalisée naturellement. Pour toutes ces raisons, les autorités (commune, Services de l'Etat) devrait accentuer le contrôle sur le déboisement et l'enlèvement de la couche de terre superficielle sur son territoire.

Solution 1 : isoler le chantier de construction



Description

L'installation d'une barrière à sédiments sur le pourtour non végétalisé du chantier doit être systématisée. Une barrière à sédiments conformément installée et adéquatement entretenue empêchera la majorité des sédiments d'atteindre les fossés, les ravines, les rues, les dallots, etc.

Recommandations

- Installer une barrière à sédiments dès le début du chantier, **pas de tôles ondulées**
- Profondeur minimum de la barrière dans le sol de 0,15 m ;
- Utiliser les poteaux de 0,90 m plantés à 0,30 m de profondeur ;
- Intervalle des poteaux : maximum 1,5 m.

Solution 2 : accès au chantier non stabilisé

Risques

Le va-et-vient des véhicules accédant à un chantier de construction entraîne une quantité importante de sédiments sur la chaussée. Ces sédiments sont alors entraînés dans les fossés et les égouts pluviaux pour éventuellement se déverser dans les cours d'eau avoisinants.

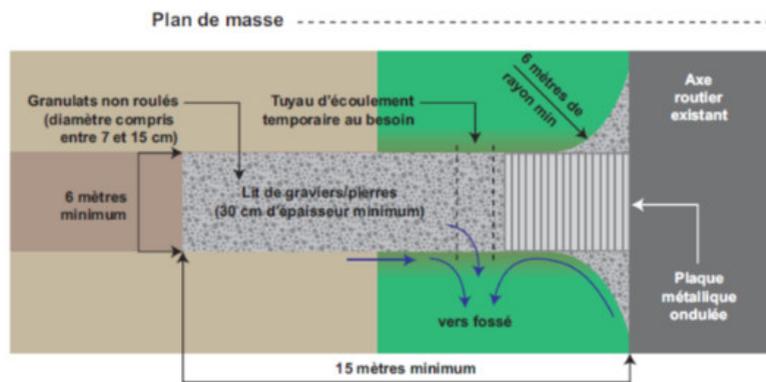
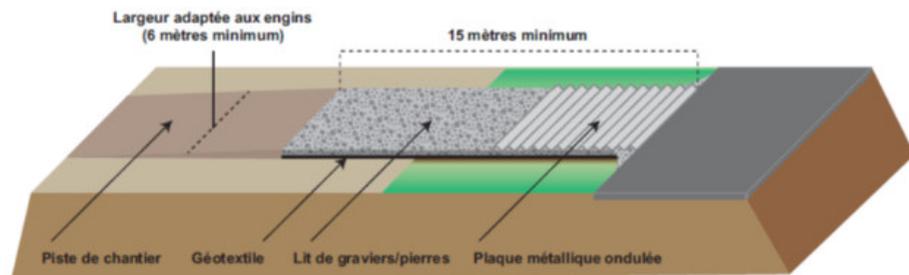


Comment faire ?

Stabiliser dès le début des travaux l'accès au chantier.

Dans le cas des petits chantiers de construction résidentielle, il suffit d'enrocher l'allée d'accès dès la mise en place du ponceau. Il est primordial que la rue ne soit jamais en contact avec un accès en altérite ou tout autre matériau qui s'érode facilement.

- Réduire au minimum le nombre d'accès au chantier.
- Couvrir la voie d'accès de gravier (ϕ 50-100mm) sur une épaisseur d'au moins 100 mm.
- Placer un géotextile en dessous de la couverture rocheuse si le sol de fondation est trop mou.
- Assurer une bonne maintenance de la voie d'accès (vérification régulière, ajout d'agrégats si nécessaire, etc.).
- Nettoyer les véhicules anormalement sales avant leur sortie du chantier.
- Nettoyer la rue régulièrement à l'aide d'un balai pour récupérer les sédiments en périphérie du chantier. Ne jamais la nettoyer avec un jet d'eau.



Exemples de mesures règlementaires (CCTP)

Aucune voie d'accès au chantier ne peut être laissée à nu. L'entrepreneur a la responsabilité de stabiliser les voies d'accès avec du gravier sur une longueur minimale de 15 m et une largeur minimale de 5 m.

L'entrepreneur a la responsabilité d'assurer le balayage de la rue adjacente au chantier afin de la garder exempte de tout sédiment.

Solution 3 : isoler les stockages de terre

Du promoteur qui bâtit les rues et les fossés à l'entrepreneur qui creuse les fondations, tous doivent améliorer leur gestion des remblais. En effet, l'entreposage des matériaux excavés a un impact important sur la qualité de l'environnement puisqu'ils sont très sensibles à l'érosion due à la pluie. Le stockage provisoire de dépôts issus des déblais / remblais est nécessaire au cours des terrassements.

Non protégés, les matériaux déposés sont soumis à l'érosion et constituent une source potentielle d'émission de poussières par temps sec et de pollution des

milieux aquatiques lors d'épisodes pluvieux (les sédiments étant transportés soit vers le milieu aquatique, soit vers les fossés ou bassins de décantation, ajoutant alors un volume supplémentaire de sédiments à traiter).

Prévoir une zone sur le site dédiée à l'entreposage des déblais ou les évacuer instantanément

Interdire les plateformes en remblais poussés

Recommandations

- Prévoir un endroit sur le chantier pour entreposer les matériaux avant leur évacuation ou immédiatement les évacuer vers un site adéquat. Garder seulement la quantité de matériaux nécessaire aux travaux post-excavation.
- Ne jamais entreposer de matériaux sur un terrain végétalisé à conserver.
- Un tas de terre excavé de plus de 10 m³ ne doit pas être placé à moins de 4 m d'une rue ou d'un axe de drainage (fossé, ravine).
- Ne pas entreposer des tas de déblais à moins de 20 m des rives d'un cours d'eau
- Toujours implanter une clôture à sédiments en périphérie du tas afin de limiter le transport de matériaux par érosion (cf. Solution 1). S'assurer que la clôture capte tout le ruissellement.
- Lorsque les dimensions du tas le permettent, étendre une ou plusieurs bâches imperméables et bien les fixer avec des blocs lourds ou des roches.
- La bâche peut être remplacée par de la paille sur une épaisseur d'environ 5 cm. La paille est peu coûteuse et protège assez efficacement le sol excavé.

Exemple de mesures règlementaires (CCTP)

Tout site d'entreposage des déblais devra être inclus dans le plan du chantier et approuvé par le MOE (ou MO).

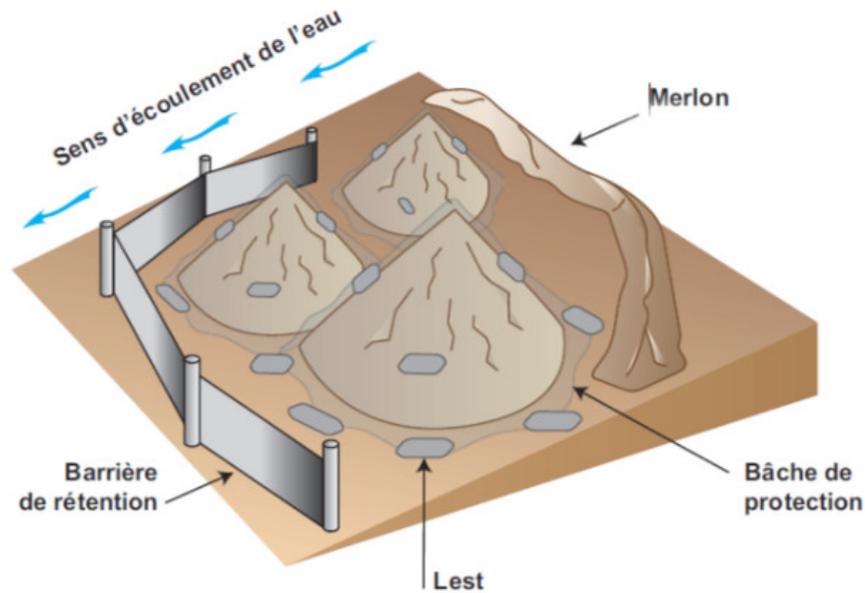
Tous les sites d'élimination des surplus d'excavation devront être approuvés par le MOE (ou MO).

Comment faire ?

Comprend deux bonnes pratiques cumulées :

- couverture des dépôts provisoires à l'aide soit de mulch, soit de bâches en polyéthylène souple (dits « polyane ») lestées ;

- encerclement des dépôts provisoires à l'aide :
 - de barrières de rétention empêchant les sédiments de quitter la zone de stockage (merlons en amont, géotextile ou boudin de rétention en aval),
 - ou de boudins de rétention dans le cas de petits dépôts provisoires ou de remblais en pied de petit talus (< 5 m).



Points de vigilance

- Couvrir complètement et systématiquement les dépôts provisoires en fin de la journée
- Installer et vérifier régulièrement le lestage
- Anticiper les volumes et la vitesse des écoulements superficiels à gérer dans la zone de dépôt, les films en polyéthylène souple générant 100 % de ruissellement
- Inspecter les éventuels déchirures ou déplacements des couvertures mises en place après chaque épisode pluvieux ou venté. Intervenir en conséquence
- Inspecter les modalités de circulation de l'eau sur et autour des dépôts, afin de vérifier qu'une érosion n'est pas en train de se créer. Intervenir en conséquence

Bâches polyanes :



- S'installent et se retirent facilement pour des opérations à court terme et sur des surfaces limitées
- Offrent une protection immédiate
- S'adaptent au fur et à mesure de l'évolution du dépôt
- Occasionnent peu de gêne et permettent aux opérations de terrassement de se poursuivre



- Peu applicables à de grandes superficies
- Risque de coût élevé, en fonction de la nature de la couverture utilisée, de ses modalités d'installation et d'entretien. À utiliser sur des superficies restreintes
- Risque d'érosion en pied de dépôt et en aval du fait de l'imperméabilisation des surfaces couvertes. À anticiper par l'installation de dispositifs de collecte et de dérivation des eaux
- Sous des bâches noires : risque de forte augmentation de la température et de stérilisation de la terre végétale

FICHE TECHNIQUE N°5

Le paillage et mulch hydraulique

Dans la culture mahoraise « Un bon terrain est une parcelle propre c'est-à-dire débarrassée de tout adventice avec un sol à nu ». Cette pratique de nettoyage reste ancrée pour nombre d'agriculteurs, mais aussi en zone urbaine et péri-urbaine, y compris lors des chantiers, où la première étape est d'éliminer toute végétation de la parcelle.

Cette pratique de nettoyage des chantiers engendre 3 conséquences :

- Le détachement de sol par battance
- L'érosion par ruissellement avec organisation des filets d'eau menant à une érosion en ravine
- L'export de minéraux par le brulage des mauvaises herbes

Objectifs ?

- Lutter contre l'érosion
- Ralentir les écoulements superficiels
- Amender le sol pour favoriser la germination et la croissance des plantes
- Contrôler le développement d'espèces exotiques envahissantes

Comment agir ?

Le paillage est l'une des techniques les plus efficaces pour lutter contre l'érosion. Il s'applique à presque tous les types de surfaces décapées, plus ou moins pentues et soumises à l'érosion. Le contexte spécifique du chantier (topographie, superficie, objectifs, enjeux) peut amener à différents types de paillage.

Le paillage par application manuelle est recommandé pour le traitement de petites surfaces peu à moyennement pentues (< 50 %). Sur un chantier, cette pratique concerne essentiellement les fibres de paille, les copeaux de bois ou écorces et le compost. Elle n'est plus rentable à grande échelle.

Le paillage par projection mécanique ou hydraulique est recommandé pour le traitement de grandes surfaces décapées et pentues (> 50 %).

Le paillage s'inscrit dans une approche multi-barrières. Il est généralement combiné à d'autres bonnes pratiques et dispositifs (microreliefs, géotextiles

biodégradables, boudins, merlons, cunettes, etc.),

Il peut être utilisé en tant que :

- couverture temporaire de dépôts provisoires de matériaux (remblais/déblais) qui seront traités ultérieurement;
- couverture temporaire de surfaces décapées pour les besoins du chantier et en attente de la réalisation des travaux sur cette zone. Ceci s'applique à des sols qui ne seront pas remaniés pendant plusieurs mois ;
- couverture permanente d'une zone ensemencée, notamment lors de la remise en état paysagère d'un remblai, d'un déblai ou d'un site remanié pour les besoins du chantier ;
- amendement d'un sol lors d'une revégétalisation, etc.

Paillage manuel

- détermine le choix du produit à utiliser. Le paillis doit avoir une décomposition suffisamment lente pour couvrir le sol pendant la saison pluvieuse, soit 4 à 6 mois. Il doit être dense pour ne pas être emporté par le vent et le ruissellement.
- Sécher le paillis avant son application sur la parcelle pour éviter des phénomènes de surchauffes et pourritures au niveau des plantes.
- Appliquer le paillis en une épaisseur homogène sur l'ensemble de la parcelle. Elles sont efficaces, accessibles et généralement moins coûteuses que les autres types de mulchs. Une botte de paille d'environ 35 kg couvre en moyenne une surface de 100 m².
- Une fois le paillis correctement disposé, arroser abondamment l'ensemble.

Paillage mécanisé

La projection mécanique est recommandée sur les grands chantiers. Elle peut s'effectuer à un rythme d'environ 20 tonnes/heure mais est limitée à une portée d'environ 45 m (dépendant de l'engin utilisé).

Les fibres de paille étant courtes et légères, il importe de les fixer correctement au sol (notamment lors d'un paillage avec projection). À cette fin, différentes techniques sont possibles :

- sur les grandes surfaces :
 - par le passage d'un engin motorisé après la projection des fibres,

permettant la création de microreliefs

- par l'ajout d'un fixateur (cas sur sols pentus ou présentant un risque élevé d'érosion), dont le dosage est déterminé en fonction de la pente et des constituants du produit ;
- sur les petites surfaces :
 - par le plaquage des fibres à l'aide d'une pelle,
 - par l'installation d'un géotextile biodégradable sur les fibres de paille (en cas de risque élevé d'érosion par le vent ou les écoulements superficiels)

Points de vigilance

Surveiller le paillis pendant la saison pluvieuse. Les fortes pluies peuvent emporter le couvert végétal, particulièrement sur des parcelles en pentes. Il est nécessaire de veiller au renouvellement du paillis.

Éviter de « trop » tasser le paillis pour permettre l'accès au sol de l'air et de l'eau. Le tassement du paillis peut générer une imperméabilisation qui induit l'accélération de l'eau à la surface du paillis avec risques d'érosion en aval de la zone protégée.

Le paillis est un matériau qui évolue par décomposition. Pour un paillis qui a un rapport C/N élevé, les micro-organismes qui assurent sa dégradation sont susceptibles de puiser l'azote du sol au détriment des cultures. Il peut s'observer une faim d'azote au niveau des cultures.

Cas des copeaux ou écorces

Les copeaux ou écorces peuvent être utilisés sur un chantier, en recyclant les boisements défrichés (par broyage) et sous réserve que ces derniers ne contiennent pas d'espèces végétales envahissantes. Ils sont de ce fait rapidement mobilisables et s'appliquent autant manuellement que par projection mécanique. Leur durée de vie est nettement supérieure à celle de la paille (< 3 ans) et varie en fonction des conditions climatiques et des essences végétales utilisées.

Les copeaux ou écorces présentent des risques :

- de lessivage lors d'une pluie (car les copeaux flottent). Il importe de ce fait de préparer au préalable les sols à pailler ;
- de ralentissement de la germination et de la croissance de la couche herbacée.

Cas des mulchs hydrauliques

Ils sont appliqués préalablement, simultanément ou postérieurement à une opération d'ensemencement.

Chaque produit présente des caractéristiques et des modalités d'application différentes. Ainsi, leur dosage varie en fonction de la perméabilité de la couche recherchée, de la structure du sol et de la composition du mulch. Il est généralement compris entre 2,2 et 4,5 tonnes/ha.

La durée de vie de ces hydromulchs varie, de 1 mois pour la cellulose à 24 mois pour les FGM (mulch de type « Flexible Growth Medium »).

Les hydromulchs ont pour objectifs de :

- maintenir fermement les semences en contact avec le sol ;
- capter et redistribuer l'humidité afin de permettre la germination ;
- limiter l'érosion par les écoulements superficiels, le temps que la végétation herbacée se mette en place et prenne le relais.

Avant application d'un hydromulch :

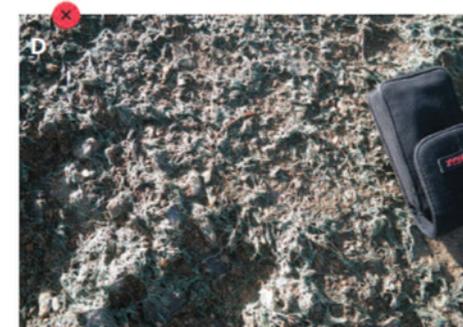
- prévoir un accès pour traiter les surfaces décapées isolées, la projection hydraulique pouvant être effectuée dans un rayon de 150 m autour de l'engin, en fonction du modèle, de la pente et du tuyau ;
- vérifier la disponibilité en eau (tant en termes de quantité que de qualité physico-chimique), la projection hydraulique nécessitant l'utilisation de volumes d'eau conséquents ;
- créer des microreliefs sur la surface décapée (fiche n°6) ;
- projeter l'hydromulch en deux temps et sous deux angles différents, afin d'obtenir une épaisseur de couche suffisante (variable selon le produit utilisé) et une couverture uniforme de l'ensemble de la surface décapée



- Limiter les coûts, notamment à grande échelle
- Combiner fibres ou compost, semences, engrais, colle, conditionneurs et autres adjuvants en une seule application
- S'adapter aux besoins et à chaque type de chantier, du fait de la grande variété de produits disponibles
- S'utiliser sur des surfaces planes à très pentues
- Dans le cas d'une projection mécanique : limiter les risques d'accidents, surtout sur des surfaces pentues où les risques de chute sont élevés
- Simple à mettre en œuvre



- Nécessité d'un temps d'application trois à cinq fois plus long qu'un simple ensemencement par projection hydraulique (plusieurs passages nécessaires)
- Risque de lessivage du mulch suite à une pluie ou lors de l'utilisation d'un mélange trop liquide
- Risque d'apports excessifs en nutriments sur des sols naturellement pauvres
- Risque de coûts élevés - à utiliser uniquement sur de grandes surfaces et si les conditions, la réglementation et les enjeux le justifient. Pour les petites surfaces, une application manuelle sera plus économique
- Nécessité d'un accès adapté aux engins motorisés et d'un système de projection adapté (pompe centrifuge, etc.)
- Demande de nettoyer l'équipement utilisé (engins, adjuvants) sur une aire de lavage adaptée et de transporter les déchets hors site



A - Bonne couverture d'hydroseeding de 100 % avec mulch, réalisée sur une surface fortement pentue. La projection a été effectuée depuis le haut et sur le côté afin d'assurer une couverture uniforme.
B - La même surface, trois mois plus tard.
C - Glissement du mulch sur un talus lissé. La préparation de la surface décapée avec des empreintes horizontales (ou autres microreliefs) est nécessaire quand la pente devient importante.
D - Couverture insuffisante d'hydromulch : le sol est visible à travers le mulch.

Solution 1 : redans, bermes et banquettes

Objectifs ?

Cette bonne pratique part du constat qu'en milieu naturel, des sols fortement pentus mais couverts d'une végétation pérenne résistent à l'érosion. Il s'agit donc de reproduire sur les chantiers ce qui fonctionne en milieu naturel, en créant des conditions favorables à la reprise végétale, plutôt qu'en utilisant des techniques non végétales (enrochements, gabions ou façade en béton). Une fois réalisés, ces reliefs évoluent peu à peu, les angles évoluant en forme convexe en crête et concave en pied de talus.

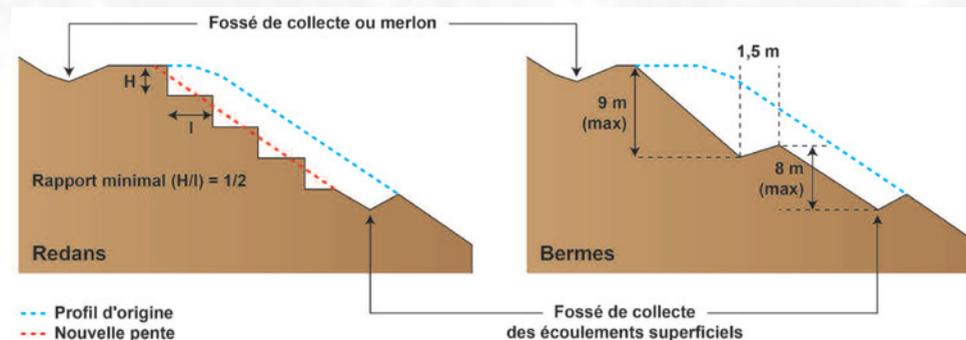
Consulter un géotechnicien et appréhender les risques de glissement de terrain avant de mettre en place les bonnes pratiques citées ci-dessous. En effet, les glissements de terrain, coulées boueuses, écoulements ou chutes de blocs peuvent survenir naturellement ou suite à des modifications geomorphologiques d'origine humaine. À ce titre, ce guide ne déroge pas à l'obligation de se prémunir d'une étude géotechnique évaluant les risques de glissement de terrain. La fiche présente des bonnes pratiques permettant d'apporter une stabilité complémentaire à une surface pentue décapée. Néanmoins, elles ne garantissent pas l'absence d'un glissement de terrain et ne remplacent en rien les méthodes de confortement de talus, si des risques d'instabilité se présentent (tirants d'ancrage, par ex.).

Comment agir ?

Reliefs accidentés, réalisés sous la forme de décaissements perpendiculaires à la pente et végétalisés : redans, bermes ou banquettes

Ces décaissements :

- ralentissent les écoulements superficiels ;
- et diminuent, de fait, l'emprise des surfaces décapées soumises à l'érosion.

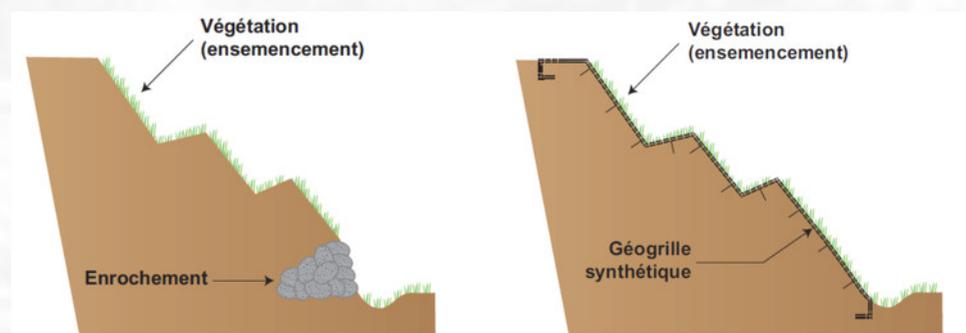


Les redans, bermes ou banquettes sont particulièrement adaptés :

- aux talus issus de déblais ou de remblais ;
- aux surfaces décapées qui, de par leur emprise et leur pente élevées, sont susceptibles d'engendrer des glissements de terrain ou a minima, le départ d'importants volumes de sédiments pouvant notamment colmater le fond du lit des cours d'eau en aval des chantiers.

Dans le cas particulier de surfaces très pentues (supérieures à 50 %), la stabilisation des sols peut être effectuée à l'aide de techniques mixtes, combinant des décaissements :

- à un ensemencement en partie supérieure, et à des enrochements ou à des caissons végétalisés en pied de talus. L'utilisation de caissons de bois ou de boudins coco, végétalisés de lits de plançons et de plants, peut efficacement remplacer les enrochements. Les caissons constituent l'armature de soutien, et les plants et plançons stabilisent les sols par leur profond tissu racinaire ;
- à un ensemencement de l'ensemble de la surface pentue, renforcé par des géotextiles ou des « géogrilles » synthétiques.



Recommandations

Définir au cas par cas la pente et les dimensions des redans, bermes ou banquettes, en fonction notamment de l'emprise disponible, de la cohésion et de la stabilité des différentes couches de sol (cf. paragraphe 3.2 terrassements)

Décaisser les sols avec la lame d'un bulldozer ou le godet d'une pelle pour les grandes surfaces, et avec des outils manuels pour les secteurs difficiles d'accès ou les petites surfaces

Dévier les écoulements superficiels provenant de l'amont à l'aide de merlons, de cunettes ou de drains de pente

Si la surface décapée présentait initialement une végétation en bon état (sans plantes exotiques envahissantes par exemple), sauvegarder et stocker la terre végétale et éventuellement certains déchets verts. En fin de travaux, reconstituer le sol à l'aide de cette couche de terre. Sur des sols pauvres ou excessivement rocailloux, en particulier au niveau de déblais, la reprise d'une végétation pérenne nécessite généralement l'apport d'une couche de terre végétale ou un mulch hydraulique supplémentaire.

Lors de la végétalisation, privilégier le choix d'essences se multipliant par drageon, bouturage ou marcottage, ou autres essences locales adaptées aux conditions du site.

Privilégier les plantations diversifiées, plus résistantes et résilientes que les plantations homogènes.

L'embocagement des parcelles, c'est-à-dire l'implantation d'arbres selon une organisation linéaire dans les parcelles cultivées est généralement utilisée à des fins de marquage de propriétés et de protection contre la divagation des animaux.

Points de vigilance

- Évaluer au préalable les risques d'instabilité des sols à l'aide d'une étude géotechnique
- Gérer les écoulements superficiels et les écoulements de subsurface afin de maintenir la stabilité des surfaces décaissées
- Dimensionner les décaissements afin de les intégrer dans la topographie existante



- Réduit les coûts comparés à des techniques de renforcement de talus classiques
- Stabilise progressivement les surfaces pentues, au fur et à mesure du développement de la végétation
- Réduit l'érosion et les volumes de sédiments à traiter au point bas des chantiers
- Rend une apparence naturelle aux talus



- Inapproprié aux surfaces décapées trop pentues et/ou instables
- Nécessite d'adapter la pente et les dimensions des décaissements à chaque cas particulier
- Demande de sélectionner des essences végétales adaptées
- Engendre des contraintes éventuelles en termes d'entretien de la végétation, liées aux accès ou à la forme donnée aux reliefs ainsi créés

Solution 2 : microreliefs

Objectifs ?

Empreintes, sillons ou marches permettant d'augmenter la rugosité des surfaces décapées, de casser la vitesse des écoulements superficiels, de favoriser l'infiltration, de diminuer la formation des rigoles et des ravines, de réduire l'érosion, de faciliter la germination et de préparer la surface à l'installation de dispositifs complémentaires.

Ce traitement est particulièrement adapté :

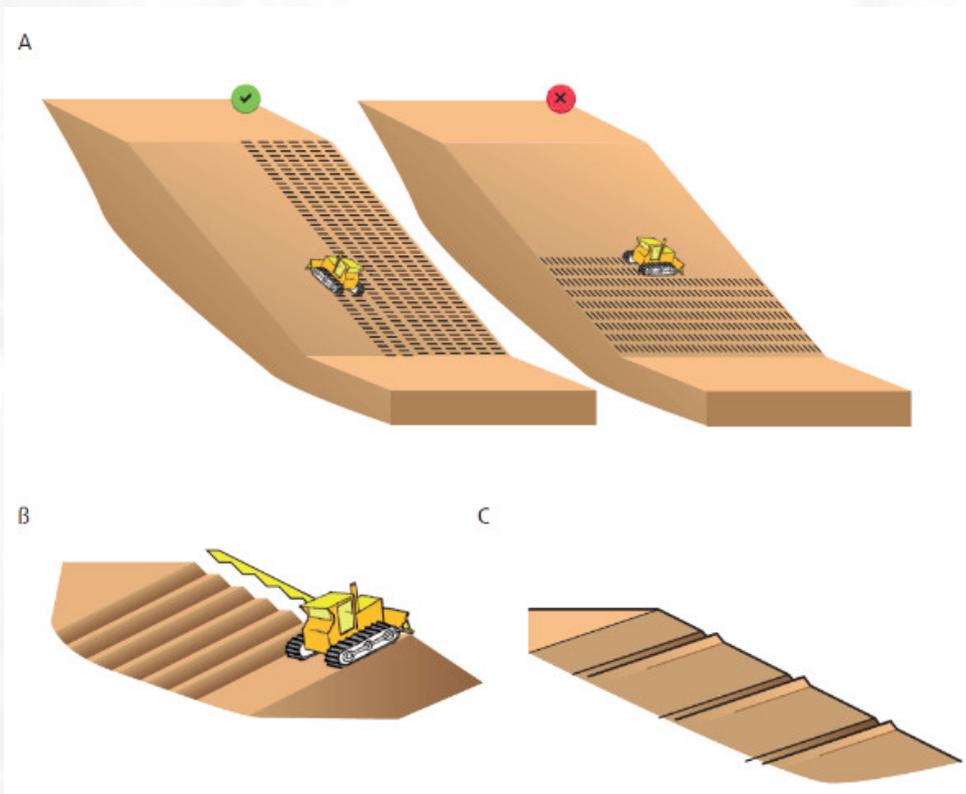
- aux talus provisoires et définitifs ;
- aux zones de dépôts provisoires ou définitifs de matériaux issus de terrassements ;
- et aux sols destinés à être ensemencés, plantés ou laissés en évolution

naturelle.

En revanche, il est inadapté :

- aux sols rocheux;
- aux sols gorgés d'eau. Dans ce cas, attendre l'assèchement naturel du sol pour pratiquer le traitement ;
- et aux surfaces trop pentues ou aux zones peu accessibles par les engins. Dans le cas de surfaces trop pentues (> 50 %), d'autres bonnes pratiques doivent être envisagées (par ex. : redans, bermes, banquettes, paillage par mulch ou géotextiles, drains de pente, etc.).

La création de microreliefs s'impose d'autant plus lorsque les sols restent décapés sans travaux pendant plusieurs jours.



La création de microreliefs s'inscrit dans une approche multi-barrières et s'utilise en combinaison avec un ensemencement des sols, un paillage ou tout autre dispositif de protection et de végétalisation des sols décapés, de même qu'avec des dispositifs de gestion des écoulements superficiels (merlons, boudins, barrières géotextiles).

Les microreliefs doivent impérativement être créés perpendiculairement à la pente, en suivant les courbes de niveau. Plusieurs types sont possibles et présentent des profondeurs et des intervalles variables. Habituellement réalisés avec des engins à chenilles, les microreliefs peuvent aussi être effectués à l'aide d'un matériel spécifique : roue de compactage, lame, herse, peigne, charrue, etc.

Points de vigilance

- Identifier les entrées d'eau en amont, les collecter, les infiltrer sur place ou les dévier
- Réaliser un paillage au plus vite
- Comblers les rigoles à l'aide de terre végétale (avec ensemencement si nécessaire afin d'assurer la reprise de la végétation)
- Dans le cas de ravines, protéger les points bas des surfaces décapées à l'aide de génie végétal ou d'enrochements afin d'éviter toute propagation du processus d'érosion et de stabiliser les sols



- Économique
- S'applique rapidement, généralement sans préparation ou installation particulière au préalable (sauf cas particulier, ci-après)
- Réalisable à l'aide de plusieurs types de dispositifs et d'engins
- Réduit la vitesse des écoulements superficiels
- Améliore la rétention et l'infiltration des eaux de ruissellement
- Favorise la reprise végétale



- Risque d'altération par écrasement de la végétation située en bordure des surfaces chenillées (au niveau des virages notamment). Dans ce cas, privilégier toujours la préservation de la végétation
- Nécessité d'être accessible par des engins motorisés
- Technique adaptée à des surfaces peu pentues (< 50 %) pour des questions de sécurité
- Risque de tassement des sols et de réduction de la germination si le traitement est appliqué de manière excessive
- Mise en œuvre chronophage dans certains cas particuliers, nécessitant de préparer les surfaces décapées avant de créer les microreliefs (profilage des talus, enlèvement des blocs, etc.)

FICHE TECHNIQUE N°7

Protection des exutoires du chantier et pièges à sédiments

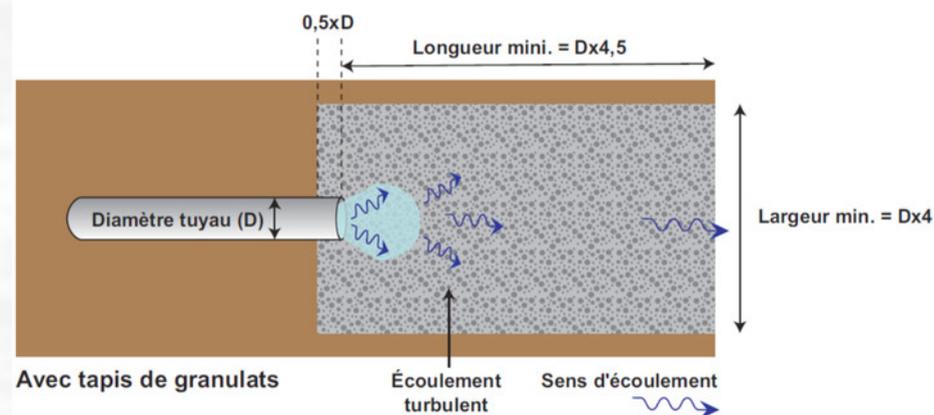
Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Dissiper l'énergie hydraulique en diminuant les vitesses d'écoulement
- Favoriser la dispersion ou l'infiltration de l'eau
- Intercepter et ralentir les écoulements superficiels
- Piéger les sédiments grossiers

Solution 1 : Protection des exutoires

Plusieurs types de dispositifs sont disponibles, dont les principes sont basés :

- soit sur la limitation des points de contact entre l'eau et les surfaces à protéger : géotextiles biodégradables à même le sol, géomembranes renforcées ;
- soit sur la diminution de la vitesse du courant :
 - en rehaussant la ligne d'eau à l'aide d'un seuil anti-érosion semi-perméable,
 - en ajoutant des dispositifs de dissipation de l'énergie hydraulique : gabions, boudins, tapis de granulats concassés.





Choisir le dispositif en fonction de leur capacité à résister à l'érosion, du potentiel érosif du sol, du débit, de la pente, des enjeux en aval, de la place disponible et de la durée du rejet

Points de vigilance

- Veiller à aligner la pente des dispositifs sur la pente du terrain naturel, ceci afin de ne pas créer de chutes supplémentaires en aval des dispositifs de dissipation de l'énergie hydraulique
- S'assurer que le dispositif et les matériaux utilisés résistent au débit estimé en aval immédiat du point de rejet
- Vérifier régulièrement (notamment après les premiers épisodes pluvieux) l'absence d'érosion autour et en aval du dispositif ; si nécessaire, adapter ou compléter le dispositif pour mieux dissiper l'énergie hydraulique
- Retirer les sédiments accumulés en aval immédiat du dispositif s'ils créent une nuisance
- Consulter un hydraulicien dans le cas d'un dispositif pérenne ou situé en amont d'un milieu naturel sensible ou soumis à de forts débits



- S'installe et se désinstalle relativement facilement
- Peut être laissé sur place si les matériaux sont installés en dehors du lit mineur du cours d'eau
- Participe à la réoxygénation de l'eau
- Participe à la rétention des particules fines en suspension (cas particulier des raquettes de diffusion ou des tapis laminaires en PEHD préalablement ensemencés)



- Perte d'efficacité sur le long terme des dispositifs liée au colmatage. Le cas échéant, remplacer les dispositifs
- Durée de vie et efficacité limitées des bottes de paille et fabrication et entretien relativement coûteux comparés à d'autres dispositifs
- Nécessite une surface d'installation suffisante entre le point de rejet et le cours d'eau
- Ne remplace pas les dispositifs de traitement des sédiments

Solution 2 : Seuil anti-érosion perméable

Barrage semi-perméable, ralentissant la vitesse d'écoulement de l'eau au fond des fossés dans et autour de la zone chantier.

Il s'agit de dispositifs temporaires généralement installés en série au fond des fossés provisoires de collecte des écoulements superficiels. Ils sont composés de divers matériaux tels que des granulats concassés, des sacs de sable ou graviers, des boudins, de la paille décompactée ou des dispositifs spécifiquement conçus à cet effet (par ex. : cage de filtration).

L'utilisation de bottes de paille non décompactées ou de barrières en géotextile en guise de seuil anti-érosion est vivement déconseillée. En effet, en créant un barrage étanche autour duquel ou par-dessus lequel les eaux cherchent à passer, elles favorisent la création d'encoches d'érosions latérales ou verticales et finissent par être contournées.



Les seuils anti-érosion semi-perméables sont utiles dès que la vitesse des écoulements superficiels doit être réduite, notamment :

- dans les fossés, où le risque d'érosion est d'autant plus élevé que le linéaire et la pente augmentent. Mais leur usage est plutôt réservé à des fossés présentant de faibles débits ;
- dans des noues en cours de végétalisation afin de permettre la pérennisation de la végétation.

Ils sont aussi utilisés dans des fossés faiblement pentus pour favoriser l'infiltration de l'eau et la rétention des sédiments grossiers.



Paille décompactée dans un cadre métallique : ce dispositif crée un effet de seuil qui à terme, peut pousser les eaux à les contourner en érodant les talus sur le côté. Ils perdent alors toute leur efficacité.

Points de vigilance

- Ne pas réaliser de seuils anti-érosion dans des fossés sujets à de très forts débits risquant de les emporter
- Intervenir très rapidement dès qu'un sous-creusement ou un contournement apparaît
- Si des seuils en granulats concassés sont emportés suite à une précipitation, augmenter la taille des matériaux
- Inspecter les seuils avant et après chaque évènement pluvieux et retirer les branchages, déchets ou autres objets qui réduisent leur efficacité
- Retirer les sédiments stockés quand ils atteignent 1/3 de la hauteur du seuil

- Dans le cas particulier d'un seuil en paille décompactée : changer très fréquemment la paille avant qu'elle ne se colmate ou ne se dégrade



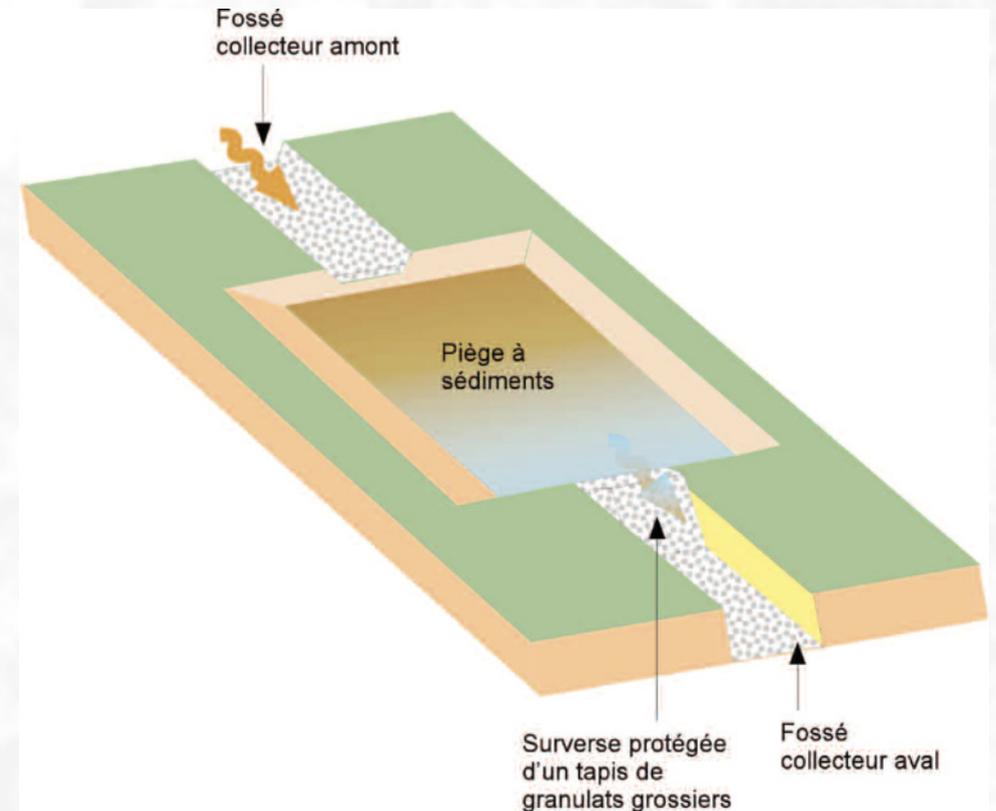
- Économique (peu de matériaux à fournir)
- Modulable et réalisable à l'aide d'une grande variété de matériaux disponibles, renouvelables ou recyclables
- Efficace et durable, si conçu et réalisé sous des conditions optimales
- S'installe simplement et rapidement,
- Réduit efficacement la vitesse des écoulements superficiels
- Capture et retient partiellement les sédiments grossiers
- Peut être laissé sur place si constitué de matériaux naturels ou biodégradables à même le sol (pierres, boudins coco)



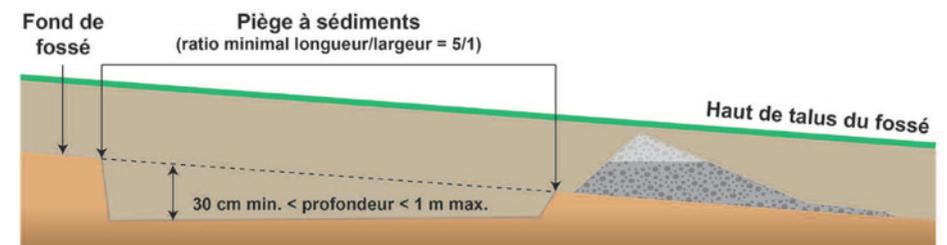
- Inefficace pour la rétention des sédiments fins
- Risque d'aggravation des processus d'érosion s'ils sont mal entretenus, étanches ou sous-dimensionnés
- Risque de détérioration rapide de la paille en période pluvieuse
- Risque de relargage des sédiments stockés lors du renouvellement de la paille

Solution 3 : Pièges à sédiments

Constitué d'une simple excavation (fosse) ou de merlons/digues hors-sol formant un enclos de petite taille, ils reçoivent les eaux chargées de sédiments dès le démarrage des travaux pour un stockage et une décantation de courte durée. Les particules grossières sédimentent par gravité lorsque le courant est suffisamment lente.



Coupe longitudinale



Ensemble de l'emprise du chantier, dont plus particulièrement :

- en série sur un réseau de fossés de collecte des écoulements superficiels ;
- en aval d'une descente d'eau provisoire, d'un drain de pente, de fossés ou de merlons, etc. ;
- en amont d'un bassin de décantation, en particulier à proximité d'une zone sensible ;
- comme dispositif ponctuel, le temps de construire un bassin de décantation provisoire ou définitif correctement dimensionné et équipé ; etc.

Recommandations

L'implantation des pièges à sédiments dépend des modalités de circulation des eaux superficielles et du réseau de merlons ou de fossés collecteurs, de l'emprise disponible et des besoins.

Construire les pièges à sédiments après le défrichage de l'emprise du chantier mais avant le décapage des sols (autant que possible) puis au fur et à mesure du déroulement du chantier

Excaver une cavité respectant les rapports de forme ci-dessous :

- forme rectangulaire. Eviter impérativement les formes rondes ou carrées qui limitent la décantation des sédiments ;
- ratio longueur/largeur de 5/1 (ou plus selon le débit) ;
- profondeur comprise entre 30 cm et 1 m maximum ;
- fond plat (ou légèrement incliné à contre-pente).

Points de vigilance

- Maintenir un accès pendant la durée du chantier pour un curage ponctuel des sédiments quand ils atteignent 1/3 du niveau du piège. Prévoir un système pour mesurer l'épaisseur des sédiments
- Si le dispositif représente un piège potentiel pour la faune, y installer une branche, une corde (ou dispositif équivalent) afin d'éviter les mortalités accidentelles : consulter un écologue
- Mesurer régulièrement la qualité de l'eau entrante et sortante. Le cas échéant, identifier les sources amonts d'apports en sédiments et ajouter des bonnes pratiques spécifiques

- Sécuriser le dispositif vis-à-vis du personnel fréquentant le chantier : panneaux, balisage, clôtures, rampes



- Économique
- S'installe rapidement
- Se remblaie ou se conserve en l'état en fonction de l'évolution des terrassements et des besoins du chantier
- Efficace si correctement conçu et réalisé, puis régulièrement entretenu



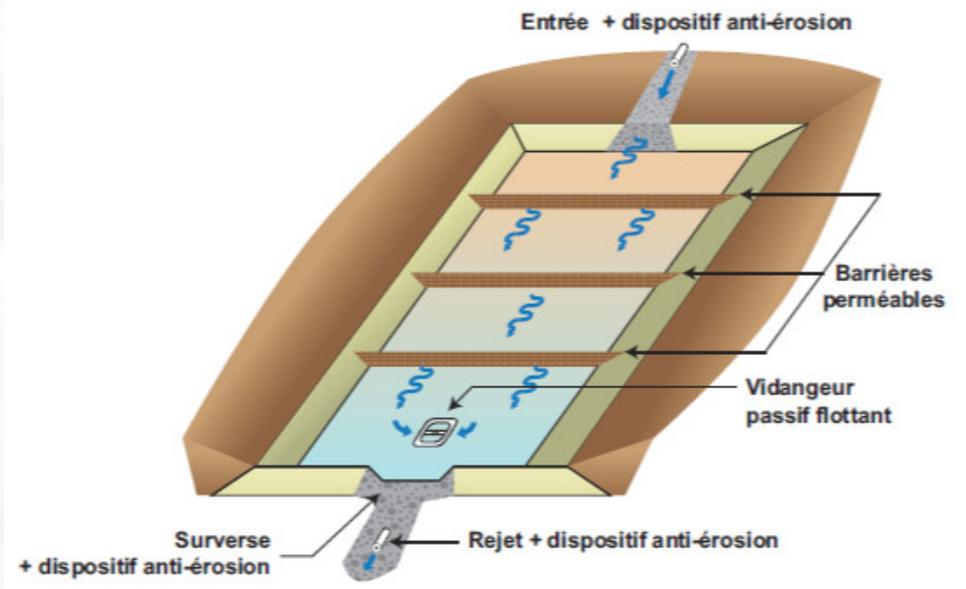
- Inefficace pour piéger les particules fines (argiles) car temps de rétention insuffisant

Solution 3 : Bassin de décantation provisoire

Bassin temporaire destiné à piéger les sédiments fins et grossiers issus des écoulements superficiels collectés sur l'emprise chantier. Une des manières de piéger les sédiments en suspension consiste à les faire décanter. C'est l'objectif de ces bassins qui ralentissent les écoulements superficiels, réduisent les turbulences hydrauliques et stockent les eaux le plus longtemps possible afin de laisser le temps aux particules maintenues en suspension de sédimenter.

La conception des bassins est un facteur important de réussite. Sur les chantiers, l'emplacement des bassins provisoires, leur dimensionnement, forme et équipement sont bien souvent le résultat d'un compromis entre les principes théoriques et la réalité de terrain.

Plus que tout autre dispositif, les bassins de décantation s'intègrent dans une approche multibarrières associant des dispositifs amont de protection des surfaces décapées



Plusieurs méthodes de dimensionnement du volume utile ou de la surface miroir des bassins de décantation provisoires existent et leur présentation détaillée pourrait faire l'objet d'un guide à part entière. Le dimensionnement de tels bassins est à confier à un BE géotechnique ou hydraulique, tenant compte de la nature des matériaux et des autres barrières à sédiments considérées dans le projet.

Points de vigilance

- Maintenir un accès pendant la durée du chantier pour un curage ponctuel des sédiments quand ils atteignent 1/3 du niveau du piège. Prévoir un système pour mesurer l'épaisseur des sédiments
- Si le dispositif représente un piège potentiel pour la faune, y installer une branche, une corde (ou dispositif équivalent) afin d'éviter les mortalités accidentelles : consulter un écologue
- Mesurer régulièrement la qualité de l'eau entrante et sortante. Le cas échéant, identifier les sources amonts d'apports en sédiments et ajouter des bonnes pratiques spécifiques
- Sécuriser le dispositif vis-à-vis du personnel fréquentant le chantier : panneaux, balisage, clôtures, rampes
- Suite à de fortes précipitations, inspecter l'état du bassin et de ses équipements après chaque épisode pluvieux et vérifier l'absence de sous-creusement, de renards de contournement, d'affaissement ou d'instabilité des bords du bassin.



- Peut être construit avec des matériaux essentiellement présents sur place
- Efficace pour capturer les particules fines non piégées en amont (si correctement dimensionné, équipé et régulièrement entretenu)
- Potentiellement modulable, s'adapte aux évolutions du chantier



- Inefficace sur les particules fines argileuses car temps de rétention insuffisant
- Efficacité variable sur les autres sédiments selon l'approche multi-barrières mise en place en amont ;
- Emprise au sol du bassin de décantation potentiellement importante, surtout lors d'une importante surface d'impluvium à drainer
- Nécessite de prévoir lors de la phase de conception puis d'instruction du projet, les besoins d'emprise au regard des méthodes de dimensionnement préconisées et des études de faisabilité réalisées

FICHE TECHNIQUE N°8

L'usage des géosynthétiques

Quels objectifs ?

L'usage des géotextile dans le cadre des chantiers est très vaste, et au-delà de la lutte contre l'érosion, il va apporter de nombreuses facettes au projet...

Drainage : En général, il s'agit de l'action et de l'art d'évacuer d'un terrain, d'un sol, l'eau excédentaire, du point de vue de l'objectif de l'opérateur, au moyen de drains, généralement par gravité mais parfois par pompage.

Filtre : Le géosynthétique constitue un obstacle physique s'opposant aux mouvements des particules solides du sol environnant, mouvements engendrés pour les ouvrages considérés par des écoulements d'eau. En ce sens, il fait fonction de séparateur entre deux matériaux de granulométrie différente tout en permettant le passage de fluide à travers ou dans le géosynthétique.

Protection : Il s'agit de diminuer l'agressivité d'un facteur extérieur sur un élément c'est-à-dire empêcher ou limiter les endommagements localisés concernant un élément ou un matériau donné en utilisant un géosynthétique. Il est possible d'agir à plusieurs niveaux :

- La macro protection au niveau de l'ouvrage
- La meso protection au niveau de la couche de sol d'apport
- La micro protection au niveau de la goutte d'eau.

Séparation : Le géosynthétique est utilisé en prévention contre le mélange de deux sols ou matériaux de remplissage adjacents par l'emploi d'un géosynthétique ou pour empêcher l'érosion interne d'un ouvrage.

Confinement : Cette fonction revient à envelopper et maintenir dans un volume déterminé un sol ou un matériau en le contenant dans une structure géosynthétique. Cette structure peut contenir le matériau complètement ou partiellement.

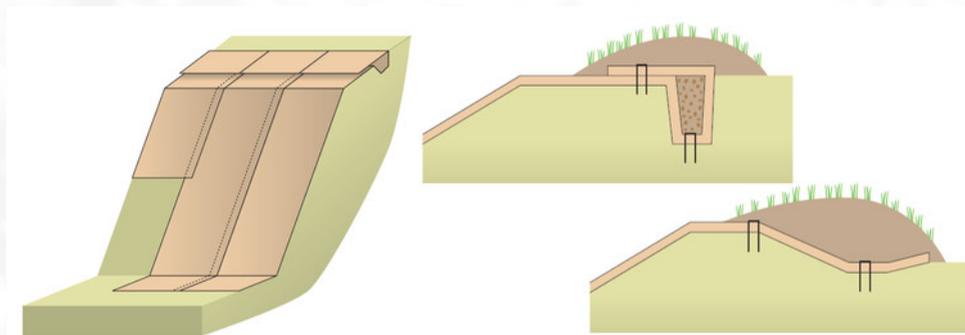
Renforcement et armature : Fonction faisant intervenir une mobilisation d'effort, c'est-à-dire utilisation de la capacité de résistance d'un géosynthétique ou d'un produit apparenté à des fins d'amélioration des propriétés mécaniques du sol. On distingue :

- Le macro renforcement au niveau du massif ou de la couche

- Le meso renforcement au niveau de la couche de sol d'apport
- Le micro renforcement au niveau de la particule de sol

A titre d'exemple, dans le cadre de protection des talus ; le paillage par géotextile crée une protection mécanique des surfaces décapées, en ralentissant les écoulements superficiels et en limitant l'érosion. Il stabilise les sols et aide à fixer les graines pour l'ensemencement. Constitué essentiellement de fibres naturelles (coco, paille, jute, coton, fibres de bois ou chanvre), il se présente sous une forme tissée ou non tissée. Il existe une grande variété de produits qui se différencient selon leur poids, leur épaisseur, leur résistance, leur durée de vie, etc.

À noter que certains géotextiles comprennent un maillage synthétique (nylon, polypropylène ou autre matière non biodégradable) qui renforce leur structure et augmente leur durée de vie. Néanmoins, ces derniers présentent un risque élevé de piégeage de la faune et ne se dégradent pas en phase post-chantier. Ils doivent être démantelés après travaux.



Recommandations

1. Préparer les sols décapés

- nettoyer la surface à couvrir, qui doit, autant que possible être propre, sans rigoles, ni ravines, ni cailloux, ni débris ou tout autre objet ou structure empêchant le géotextile d'être en contact avec le sol ;
- ensemercer (lorsque prévu) les sols décapés avant la pose de la toile ou après la pose du filet

2. Mettre en place le géotextile

- sur des surfaces peu pentues (< 25 %) : possibilité de déployer le géotextile en bandes horizontales ou verticales ;
- sur des surfaces moyennement à fortement pentues (> 25 %) : dérouler le

géotextile en bandes verticales uniquement;

- ancrer les géotextiles;
- en cas de pose de plusieurs lés successifs de géotextiles, superposer les filets sur 10 à 15 cm de long puis agraffer ces chevauchements à minima tous les 30 cm ;
- en cas de pose d'un géotextile sur de longues surfaces, ajouter des boudins sur les filets afin d'éviter la formation de rigoles.

Les géotextiles doivent être bien plaqués et adhérer au sol. Ils ne doivent jamais être étirés, décollés ou créer un « pont » à la surface, sous peine de perdre toute efficacité et de réduire la reprise végétale.

Une grande variété de dispositifs d'ancrage existent (pieux ; agrafes en nylon, en métal ou en bois) dont certains sont biodégradables. Ces derniers doivent être suffisamment longs (20 à 50 cm) et plantés au ras du sol pour optimiser l'adhésion des filets au sol. L'ancrage s'effectue à la fois :

- en crête de pente, en enserrant les filets dans une tranchée de 15 cm x 15 cm, dans laquelle le bord amont de chaque filet est agrafé à minima tous les 50 cm puis recouvert de terre compactée. Cette tranchée doit autant que possible être réalisée à plus de 1 m de la rupture de pente ;
- sur toute la surface déroulée (du haut vers le bas ou dans la direction des écoulements). Le nombre et la profondeur des dispositifs d'ancrage doivent respecter les consignes du fabricant. La fréquence de pose augmente par principe avec la pente;
- en bas de pente, dans une tranchée semblable à celle mise en place au sommet. Le cas échéant, intégrer les filets au sein d'un ouvrage de génie écologique.

Les géotextiles biodégradables (paille, coco ou autres fibres végétales) présentent une efficacité comparable à celle de l'hydromulch, comprise entre 80 % et 95 %.

Points de vigilance

- Inspecter régulièrement les filets pour vérifier l'absence de dysfonctionnements (sous-creusement, effet de « pont »), la reprise de la végétation et la stabilité de l'ensemble des ancrages effectués
- Gérer les écoulements superficiels provenant de l'amont, le temps que la végétation se développe.
- Suite à des crues ou de fortes précipitations, inspecter l'ensemble des filets

mis en place, tout dysfonctionnement devant être réparé au plus vite. Attendre néanmoins des conditions propices si la terre est saturée d'eau ou que la nappe affleure



- S'installe simplement et rapidement, notamment dans le cas de l'équipement de petites surfaces accessibles
- Durée de vie comprise entre six mois et plus d'un an pour les géotextiles les plus résistants
- Peut être laissé sur place dès lors qu'il est biodégradable
- Capture et retient des quantités importantes de sédiments grâce au maillage des filets
- Protège les semences du lessivage et maintient un taux d'humidité favorable à leur développement



- Coût relativement élevé, notamment dans le cas de grandes surfaces décapées et/ou peu accessibles (risques de chute, linéaire de berge important, etc.)
- Déconseillé pour les sites où un entretien par fauche ou tondeuse mécanique est prévu
- Efficacité limitée à la couche superficielle de sol
- Nécessite l'installation de dispositifs spécifiques dans le cas de surfaces pentues et instables
- Risque de piégeage de la faune par les géotextiles à maillage synthétique. Favoriser l'utilisation de géotextiles biodégradables et biosourcés



Guide disponible : Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans la lutte contre l'érosion, 2003, Comité Français des géosynthétiques

FICHE TECHNIQUE N°9

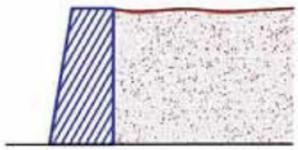
Alternatives de soutènement

Quels objectifs ?

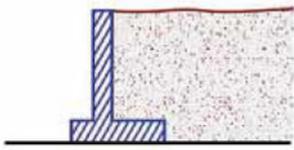
La principale considération dans le dimensionnement des soutènements, quel que soit leur type, est la correcte estimation de la poussée des terres ou du matériau retenu par cette paroi. Dans leur état naturel, les terres tendent à se conformer en un tas pyramidal conique à la façon d'un tas de sable présentant une pente de talus naturel. L'interposition d'un écran de soutènement dans un massif de terre se substitue à la partie manquante à la base et reçoit une partie du poids des terres restantes en une composante biaise de poussée qui tend à faire basculer et en même temps glisser le mur de soutènement disposé. Pour combattre cette poussée des terres, le mur peut être constitué de différentes façons :

- opposer un poids supérieur à la partie remplacée en contre-balancement de la poussée : tels sont les murs poids ;
- être ancré dans un corps mort fournissant une inertie ou ancré plus loin dans le sol à proximité qui ne fait pas partie de l'ensemble susceptible de glissement ou a une meilleure composition afin que la poussée soit contenue, éviter le glissement et annuler le moment de basculement: ce sont les parois ancrées ;
- résister au basculement par une semelle insérée sous les terres, semelle de surface de base en rapport avec la hauteur fournissant le moment de renversement : murs Cantilever (en L) ;
- réduire la poussée par un épaulement des terres retenues entre deux contreforts : murs à redans ;

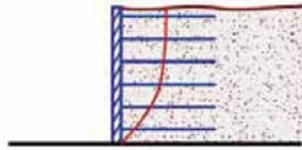
Les murs de soutènement, quel que soit leur type, doivent en principe être drainés, car la pression de l'eau retenue derrière un mur sans interstices d'évacuation augmente d'autant la poussée sur l'ouvrage et modifie la "consistance" du matériau en le fluidifiant ce qui apporte une transmission de poussée d'une partie plus importante, la friction (phénomène de s'agripper) en résistance au glissement ayant partiellement disparu, la pente naturelle du tas diminue.



Mur poids



Mur cantilever



Mur en Terre Armée

Solution 1 : murs poids

Le principe du mur poids est d'opposer le poids de l'ouvrage de soutènement à la poussée des terres qui tendent à le renverser. La poussée des terres est minimale au sommet du mur et croît avec la profondeur en arrière du mur : c'est pourquoi les murs poids s'épaississent vers la base, ou présente un fruit (pente vers l'amont). Les murs de soutènement de type ouvrage poids sont constitués en pierres taillées, moellons ou très fréquemment en gabions à Mayotte.

Points de vigilance

Les murs en parpaing ne sont pas des murs poids et n'apportent pas de résistance à la poussée des terres. Les murs en pneu simplement entassés ne sont pas non plus des murs de soutènement de type poids.



- Dimensionnement géotechnique simple
- Durée de vie élevée
- Mise en place simple
- Faible emprise en phase travaux



- Coût relativement élevé, notamment pour les murs en pierre
- Manque de matériaux à Mayotte
- Nécessite l'installation de dispositifs de drainage
- Entretien des murs

Solution 2 : paroi ancrée

La paroi ancrée est formée d'un écran, et elle s'oppose à la poussée du sol par des tirants d'ancrage (le plus souvent en acier) qui relie l'écran au massif de sol en dehors de la zone en poussée. Elle a l'avantage de ne pas impacté le massif à soutenir en phase travaux

Points de vigilance

Les parois ancrées nécessitent une parfaite connaissance du sol et un contrôle d'exécution en plus d'un dimensionnement géotechnique adéquat.



- Durée de vie élevée
- Faible emprise en phase travaux
- Adaptée aux contextes très difficiles



- Dimensionnement géotechnique complexe
- Coût élevé, notamment pour les enclaves
- Nécessite l'installation de dispositifs de drainage
- Entretien des murs

Solution 3 : paroi préfabriquée

La paroi préfabriquée est constituée d'éléments (généralement en béton armé) préfabriqués tels que des parois en L, mis en place à l'avancement et liaisonnés entre eux. Il en existe différents types selon la nature du massif à soutenir. Elle a l'avantage d'être facilement déployable mais nécessite un remaniement important du massif lors de sa mise en place.



Points de vigilance

Les parois encrées nécessitent une parfaite connaissance du sol et un contrôle d'exécution en plus d'un dimensionnement géotechnique adéquat.



- Durée de vie élevée
- Faible emprise en phase travaux
- Adaptée aux contextes très difficiles



- Dimensionnement géotechnique complexe
- Coût élevé, notamment pour les encrages
- Nécessite l'installation de dispositifs de drainage
- Entretien des murs

Solution 4 : terre armée

Il s'agit d'une méthode de soutènement assez récente (1963) qui consiste à utiliser le sol, et non un mur en béton pour assurer la stabilité d'un versant. Le concept est de renforcer le sol par l'ajout d'armatures qui solliciteront un frottement entre elles et le remblai. Un massif en terre armée est constitué de trois composants :

- Un remblai granulaire compacté en couches peu épaisses.
- Les armatures disposées en lit dans le remblai qui peuvent être de deux natures : Les métalliques qui sont jusqu'à maintenant les plus répandues et

des armatures en géo synthétique qui ne présentent pas de problème de corrosion et qui tendent à remplacer les premières.

- Un parement, faisant le lien entre les armatures et assurant l'esthétique du mur, il est généralement réalisé en éléments de béton préfabriqué faciles à assembler, en pneus ou autres éléments récupérés destinés à être couverts de végétaux, (gabion étroit).

L'ensemble forme un massif stable assurant la retenue de la poussée du sol en place. Cette solution est facile à mettre en place mais nécessite une emprise importante en phase chantier.



Points de vigilance

Les terres armées nécessitent une parfaite connaissance du remblai compacté et un contrôle d'exécution en plus d'un dimensionnement géotechnique adéquat.



- Longévité prévisible
- Adaptabilité à un large éventail d'environnements
- Adaptabilité aux exigences esthétiques



- Corrosion des armatures
- Coût élevé
- Emprise en phase chantier
- Nécessite l'installation de dispositifs de drainage
- Entretien des murs

Recommandations

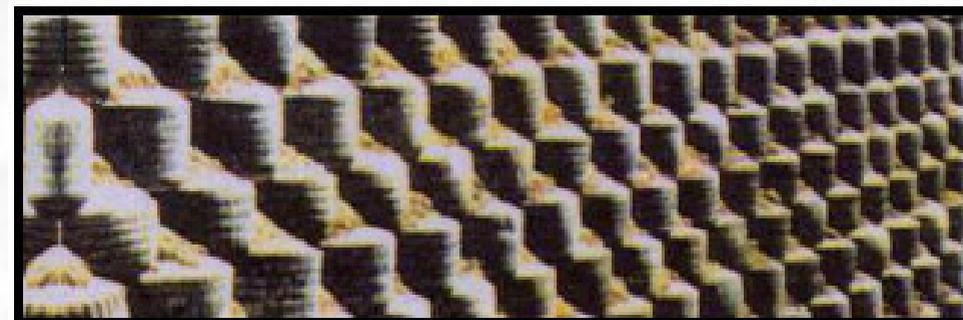
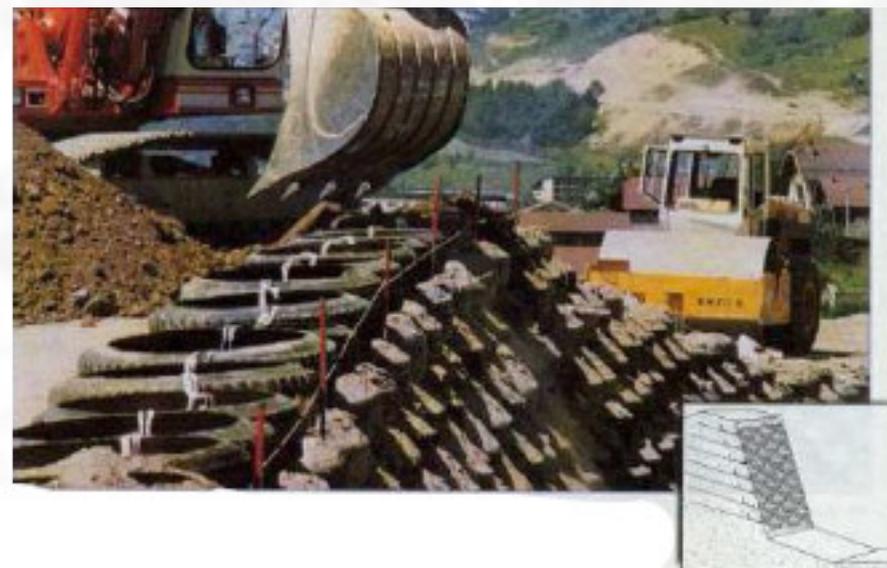
- Guide LCPC 2003 : Recommandations pour l'inspection, le suivi et le diagnostic des murs en remblai renforcé
- Note Cerema (Setra) DT408

Cas particulier : le Pneusol

L'utilisation de pneu présente plusieurs avantages :

- Répond à une logique de recyclage et de valorisation de produits de déchets
- Technique utilisée depuis 1980 avec de nombreux ouvrages en outre-mer.
- Constat d'un vieillissement très satisfaisant des murs
- Se végétalise rapidement en milieu tropical
- Se dimensionne comme un mur poids classique ou un mur en terre armée
- Mise en œuvre aisée et nécessitant des moyens techniques limités

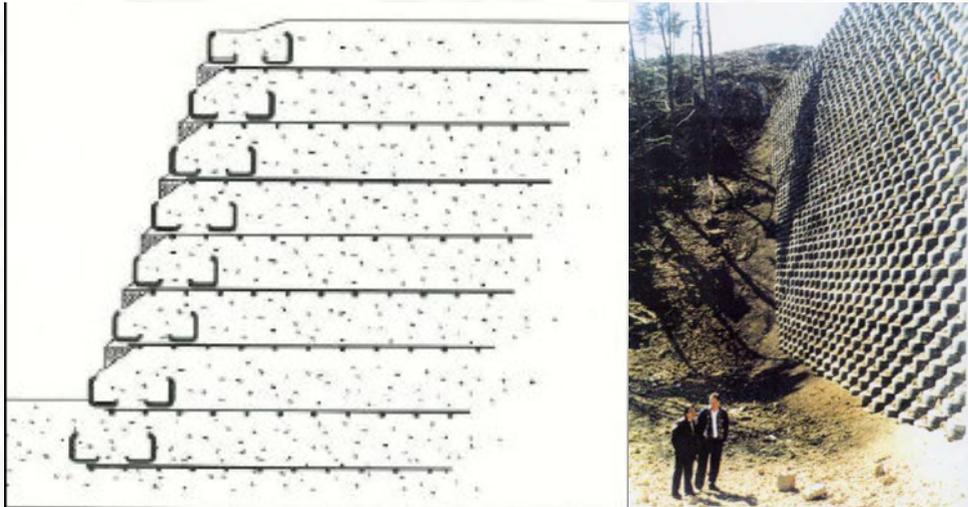
Dans le contexte mahorais, le pneusol peut être utilisé en remblais allégé ou en soutènement. Dans le cadre du Pneusol de soutènement le but est de reconstituer un mur homogène, le plus dense possible et résistant aux poussées. Dans ce cas, la résistance interne du mur est obtenue par des nappes (soit de pneus liaisonnés entre eux, soit des géotextiles, soit des armatures treillis soudés). Pour un remplissage rapide, on découpe le flanc supérieur du pneu.



L'usage de pneus divers (poids lourds, véhicules légers) est possible mais en conservant sur une rangée des pneus identiques pour assurer des bandes d'épaisseurs homogènes. Le pneu peut rester en entier ou être découpé sur le flanc supérieur pour faciliter son remplissage. Les pneus sont liaisonnés entre eux et les remblais sont compactés pour augmenter la densité du mur pneusol. Attention, le point faible de résistance est alors le lien entre les pneus.

Recommandations

- Guide LCPC 2007 : ERLPC-GT-LCPC-GT07
- Note Cerema (Setra) DT671



Dans le cas de l'Armapneusol, le pneusol est utilisé en parement et encre sur un massif en terre armée de géotextile en arrière ou de treillis soudés métalliques.

Points de vigilance

Les murs en pneusol ne sont pas des empilements de pneus. Ils nécessitent une parfaite connaissance des matériaux utilisés et un contrôle d'exécution en plus d'un dimensionnement géotechnique adéquat.



- Dimensionnement géotechnique simple
- Durée de vie élevée
- Mise en place simple
- Valorisation de déchets
- Faible emprise en phase travaux (mur poids)



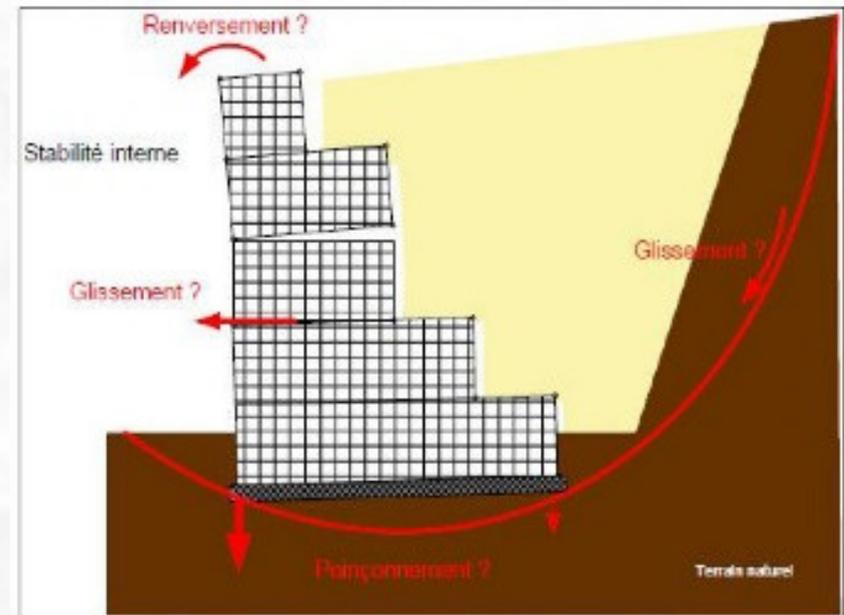
- Corrosion des armatures
- Manipulation fastidieuse
- Emprise en phase chantier (armapneusol)
- Entretien des murs
- Manque de reconnaissance, mauvaise image à Mayotte

Cas particulier : le Gabion

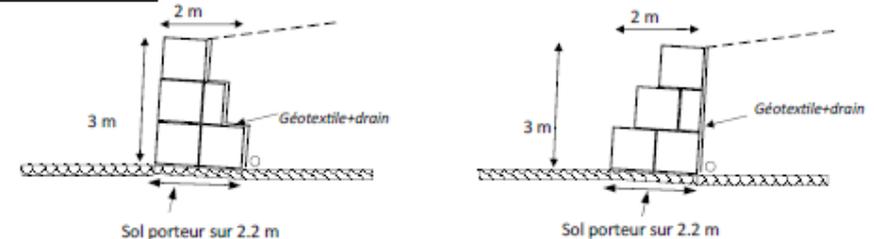
Il existe de nombreuses utilisations des gabions, ici nous nous focalisons sur les soutènements en gabion d'ouvrages, de chaussées, stabilisation de talus.

1^{ère} technique : le mur poids

Cette technique de pose de gabions consiste à utiliser le poids des gabions pour contrer la poussée du terrain comme un mur poids standard. Pour ce type de projet, la faisabilité de l'ouvrage ainsi que son dimensionnement doivent faire l'objet d'une attention particulière. L'environnement et la hauteur du mur sont déterminants.



HAUTEUR : 3 METRE



2^{ème} technique : soutènement mixte : Gabions + sol renforcé

Cette solution est une solution alternative au mur poids. Elle combine à la fois l'utilisation de gabions et le renforcement du sol à l'aide de remblais et de géotextile adapté.

Points de vigilance

Les murs en gabions doivent être vérifiés selon la stabilité du talus, le renversement du mur, le glissement interne et le poinçonnage du sol. Ils nécessitent une parfaite connaissance des matériaux utilisés et un dimensionnement géotechnique adéquat.



- Respectueux de l'environnement
- Souplesse du soutènement
- Mise en place simple
- Economique
- Faible emprise en phase travaux (mur poids)



- Corrosion des armatures
- Manipulation fastidieuse
- Entretien des murs

FICHE TECHNIQUE N°10

Recommandations pour l'auto-construction

Quels objectifs ?

A Mayotte, la construction de nouvelles maisons individuelles se fait sur des terrains dont la pente est de plus en plus forte (de moins en moins de terrains plats disponibles). Le terrassement réalisé a pour objectif de définir une plateforme d'accueil pour l'habitation, il implique souvent un décaissement du côté de la pente (déblai) et la création d'un remblai en aval. Ce remblai est en général mal réalisé, non compacté et non végétalisé. Si aucun mur de soutènement n'est construit à proprement parler (les murs en parpaing ne sont pas des soutènements), des glissements de terrain et des phénomènes d'érosion emportent les matériaux lors des précipitations. Le volume moyen de terre qui peut être érodé pour une maison individuelle est de l'ordre de 50m³ (selon la pente et la taille de la plateforme). Le nombre de maisons construites chaque année est de l'ordre de 3300, dont environ la moitié sur des pentes de 10 à 30°, ce qui peut générer une perte de terre de l'ordre de 800 Tonnes/ha/an.

Comment agir ?

Vis-à-vis des risques naturels :

- Interdire la construction en bordure et dans les ravines (action : Service urbanisme DEAL et application communale)
- Interdire la construction en zone rouge PPR mouvement de terrain (action : Service urbanisme DEAL et application communale)

Dispositions constructives :

- Création de remblais interdite lors de la construction d'une maison individuelle. La maison doit impérativement être construite sur la partie décaissée. Les terres issues du décaissement doivent obligatoirement être évacuées.
 - Exception possible pour les maisons construites sur pieux, un dimensionnement parasismique des fondations est alors attendu
 - Exception possible à condition de construire des murs de soutènement, répondant aux normes (dimensionnement géotechnique). La présence des murs et leurs caractéristiques doivent être précisées dans le permis de construire (fiche n°9)

- Assurer la stabilité des talus en déblais à l'amont de l'habitation, par génie végétal, soutènement, profilage
- Drainage périphérique à l'amont de l'habitation et diffusion des filets d'eau à l'aval de l'habitation : rigoles, cunettes et caniveaux
- Mise en place de massif de végétaux au descente de toit ou mis en place de gouttières
- Collecte des eaux de ruissèlement et évacuation vers les réseaux pluviaux en dehors de la parcelle ou stockage (cuve 1m³ max)

Dispositions pour la phase chantier :

- Stabiliser l'accès au chantier (Fiche n°4)
- Prendre en compte les saisons des pluies dans le phasage des travaux et collecte des eaux du chantier
- Interdiction des remblais poussés
- Tolérance des tas de terre de 10 jours sur site avant protection en saison sèche, protection immédiate en saison des pluies par paillage et création d'une tranchée en pied de tas de terre obligatoire (Fiche n°4)
- Gestion des tas de terres par l'entreprise de terrassement (évacuation, valorisation) avec contrôle
- Limiter à 10 jours l'attente entre l'ouverture de la fouille et la construction des fondations

Organiser le contrôle du respect de la réglementation (Service de l'état et communes) :

- Organisation d'un contrôle de terrain sur tous les chantiers de construction déclarés sur terrains en pente : à organiser conjointement par les services d'urbanisme des communes (police de l'urbanisme) et par l'Etat au titre de la police de l'environnement (agents assermentés).
- Recherche active des chantiers sans permis suivie d'intervention et de mitigation du risque
- Suivi juridique des infractions : mise en place d'un protocole d'accord entre la police de l'urbanisme + police de l'environnement et le parquet, définissant une approche progressive des sanctions :
 - rappel à l'ordre ;
 - PV et injonction à réaliser les travaux (e.g. mur de soutènement);

- procédure pénale et ordre de démolition pour quelques cas graves.

Quelques cas devront être suivis jusqu'au bout afin de créer une menace crédible, tout en évitant d'engorger les tribunaux avec trop de cas mineurs.

Mise en place d'une filière de valorisation des terres :

L'application de la nouvelle contrainte réglementaire considérée dans cette fiche génèrera de gros volumes de terre issus des petits chantiers de construction. Cette terre devra dans un premier temps être stockée puis revalorisée.

- Création d'un ou plusieurs nouveaux sites de stockage de terre. Nécessite que l'Etat attribue de nouvelles autorisation, ce qui suppose un arbitrage entre impact environnemental et urgence à stocker de la terre.
- Intégration d'une obligation de revalorisation des terres dans le cahier des charges des grands projets d'aménagement ou d'infrastructures publiques (établir une liste d'actions possibles, dont gabions en terre, etc.)

Recommandations pour le suivi et le contrôle de chantier

Quels objectifs ?

Quels sont les Objectifs du contrôle et suivi d'un chantier ?

- Donner les repères nécessaires au bon suivi du chantier, tels que : planning, réunion de chantier et réception.
- Eviter les conflits liés à la méconnaissance des responsabilités de chaque intervenant
- Limiter les aléas de chantier liés à l'érosion : perte de temps, modifications, reprise d'ouvrages, malfaçons et retards.

Comment agir ?

Sur Tout chantier les différents thèmes abordés sont les suivants :

- les moyens humains : où ? quand ? qui, combien, d'où ?
- les moyens matériels : quoi ? combien ? d'où ?
- les interventions : quoi ? quels résultats ? quelles difficultés, pannes, etc. ?
- les déchets : quoi ? quels volumes ?
- et enfin quoi, combien, pour demain ? (Fin de prestation, fin d'une phase, Fin chantier avec réserve ou sans réserve)

Ces thèmes doivent impérativement considérer le potentiel érosif des activités et le suivi et le contrôle doivent mesurer les érosions et les mitiger si besoin.

1. Un plan d'installation de chantier (communément nommé P.I.C.)

Il est généralement établi à partir d'un plan de masse et définit les matériels « fixes » nécessaires à la réalisation des ouvrages et les cantonnements pour accueillir le personnel du chantier. Il doit intégrer l'ensemble des dispositifs de lutte contre l'érosion (cf. Fiche 7 : Protection des exutoires et pièges à sédiments, et Fiche 4 : contenir les matériaux sur le chantier)

2. Un suivi de chantier

- Le maître d'ouvrage ou son maître d'œuvre est le garant du bon déroulement des travaux et du respect des normes en vigueur. Pour satisfaire à ses obligations, certains points doivent faire l'objet d'une attention particulière.
- Le suivi de l'exécution du chantier commence avec la saisie quotidienne des informations dans le but de vérifier les engagements pris par le responsable du chantier lors de la préparation concernant les délais, les résultats et les coûts.
- Cela s'articule sur trois points clés :
 - Le contrôle de l'avancement physique du chantier ;
 - Le contrôle des dépenses par rapport au budget ;
 - Le contrôle du résultat au stade et du résultat à fin d'affaire.

La réunion de chantier

Généralement, la réunion de chantier se tient à minima toutes les semaines afin de faire un point de situation sur l'état d'avancement des travaux.

- L'objectif est d'échanger sur les éventuelles difficultés rencontrées et de décider des mesures correctives à mettre en place pour respecter la qualité et le délai de livraison du chantier.
- L'établissement d'un compte rendu de réunion de chantier est obligatoire et doit être réalisé avec soin puisque ce document à une valeur juridique.

La gestion de l'approvisionnement

Une bonne gestion de chantier implique une bonne gestion de l'approvisionnement de matériaux. Il peut se faire directement sur le chantier ou bien à l'entrepôt. Dans les deux cas, il est réalisé au fur et à mesure de l'avancement des travaux afin de coller au mieux aux besoins et d'éviter d'avoir un stock en surplus.

Bien gérer l'approvisionnement est décisif pour respecter le budget du projet de construction. En effet, cela permet à la fois d'agir sur le volume mais aussi sur le coût.

De nombreux critères doivent être pris en considération tels que la nature des produits, leur proximité ou non avec le site de livraison, le planning des travaux, le délai de livraison ou le coût.

3. Le contrôle du chantier est complémentaire au suivi des travaux

- Il permet de s'assurer de la conformité du chantier par rapport au contrat en s'appuyant sur différents documents comme :
 - les notes de service ;
 - les ordres de service ;
 - les procès-verbaux ;
 - les bons de commande ;
 - les bons de paiement ;
 - etc.
- Le contrôle du chantier comprend également le contrôle de la qualité qui se traduit par des visites prévues ou non sur le chantier.
- Le suivi et le contrôle de chantier sont des actions indispensables à la bonne exécution des travaux. Ils sont les garants d'une conception, d'une réalisation et d'une livraison conformes au cahier des charges.

