

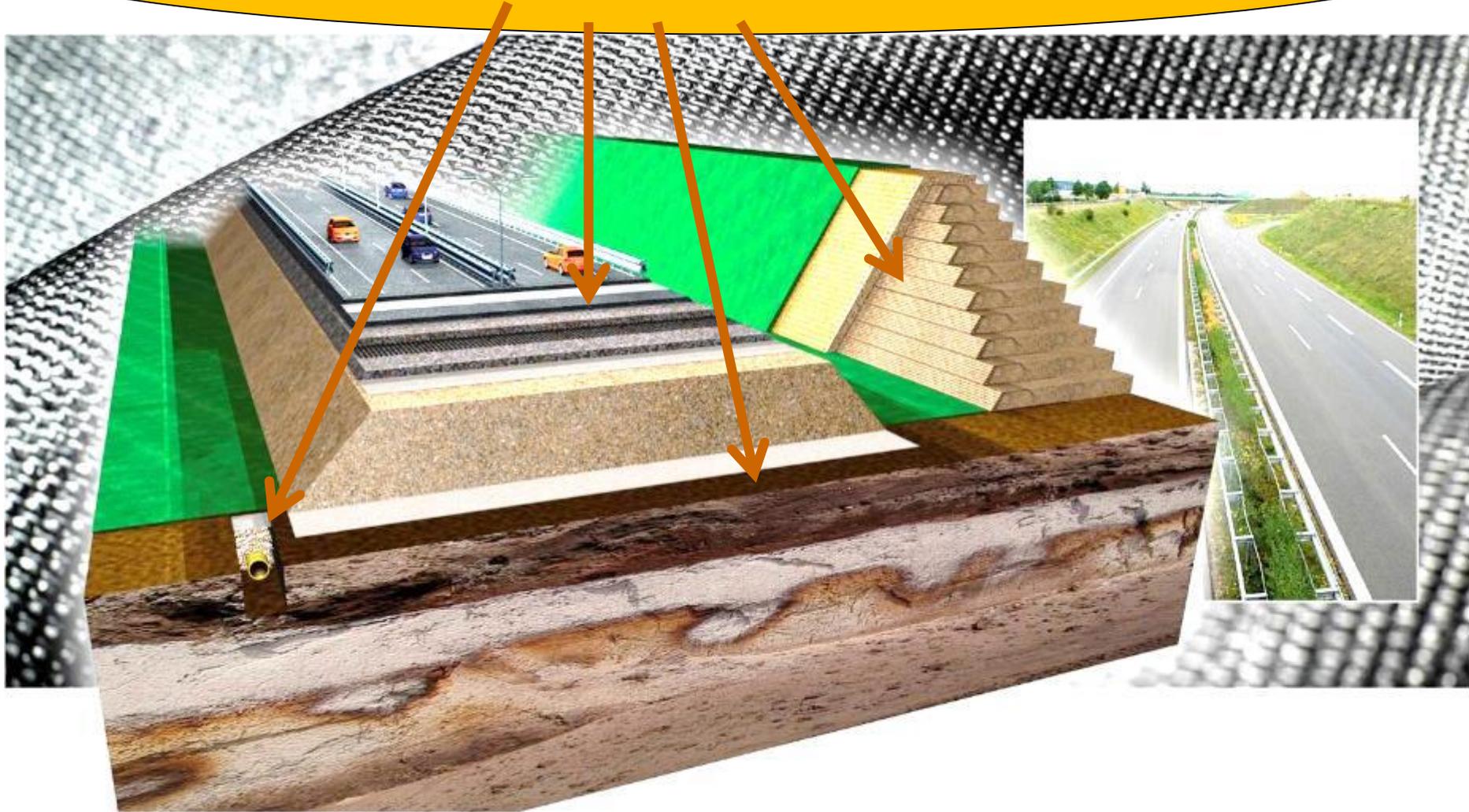
XIII^e Rencontres Géosynthétiques
Pré-Formation du 05 avril 2022

***Les Géosynthétiques
dans les Infrastructures
de transports routiers et ferroviaires***

Jean-Pierre GOURC

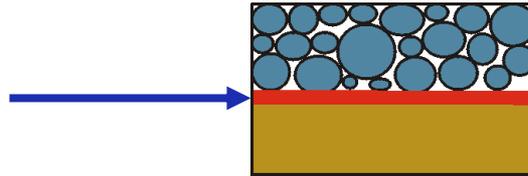
**Prof. Emérite Université Grenoble-Alpes
Expert *Géotechnique Environnementale***

Les Géosynthétiques , ils sont partout!



Principales Fonctions des Geosynthetiques relatives aux Applications présentées

■ Séparation



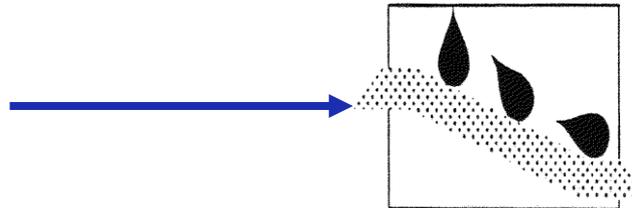
■ Filtre



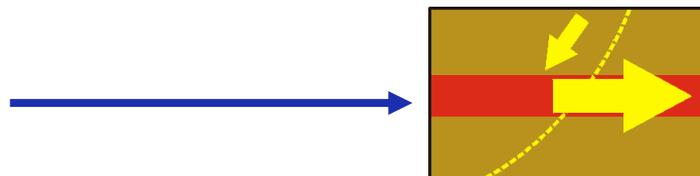
■ Drainage



■ Contrôle Erosion



■ Renforcement



Fonction *SEPARATION*

Historiquement , la première application des Géotextiles a concerné les pistes de chantier



Sans Géosynthétique



Avec Géosynthétique



Fonction SEPARATION

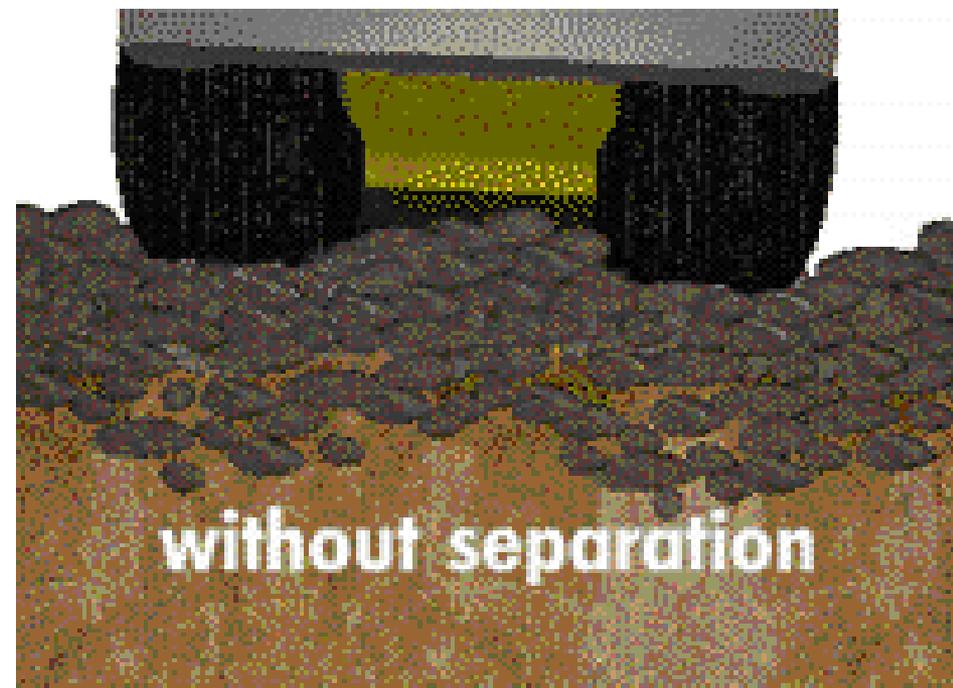
**Les géotextiles non-tissés
sont les plus utilisés pour cette application**



Le Géotextile est un Séparateur

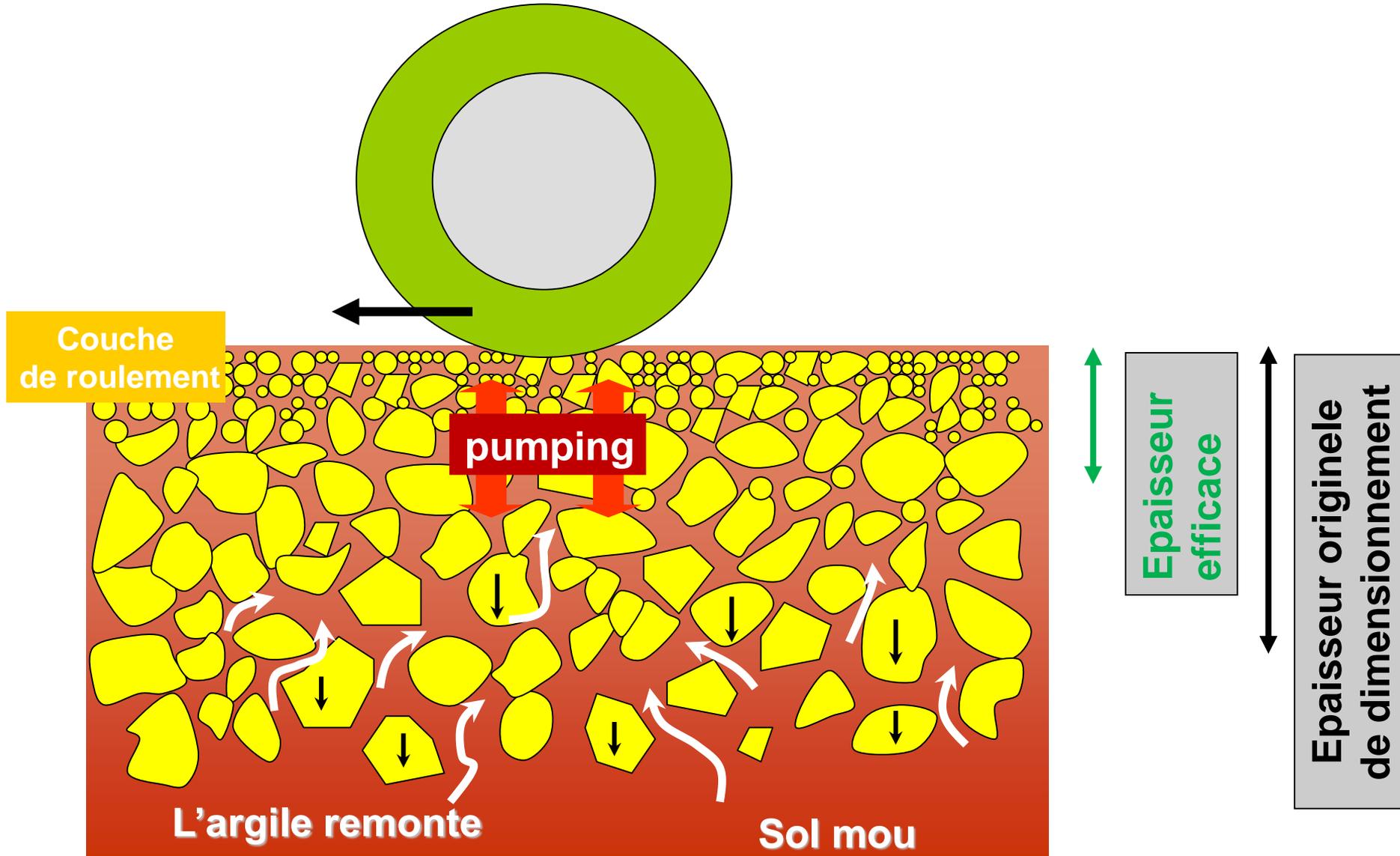
La couche d'apport ne se mélange pas à la couche de sol fin peu portant

Le sol fin n'est pas entraîné par l'eau et "pompe" vers la surface sous l'effet du trafic



Défaut de portance en l'absence de géosynthétique "séparateur"

par contamination de la couche d'apport (grave propre)



Le « pumping » est aussi critique pour les voies ferrées

➤ Exemples de Plateformes boueuses plus ou moins étendues



Le défaut d'assise entraîne un battement des traverses et la remontée par pompage des éléments fins du sol:

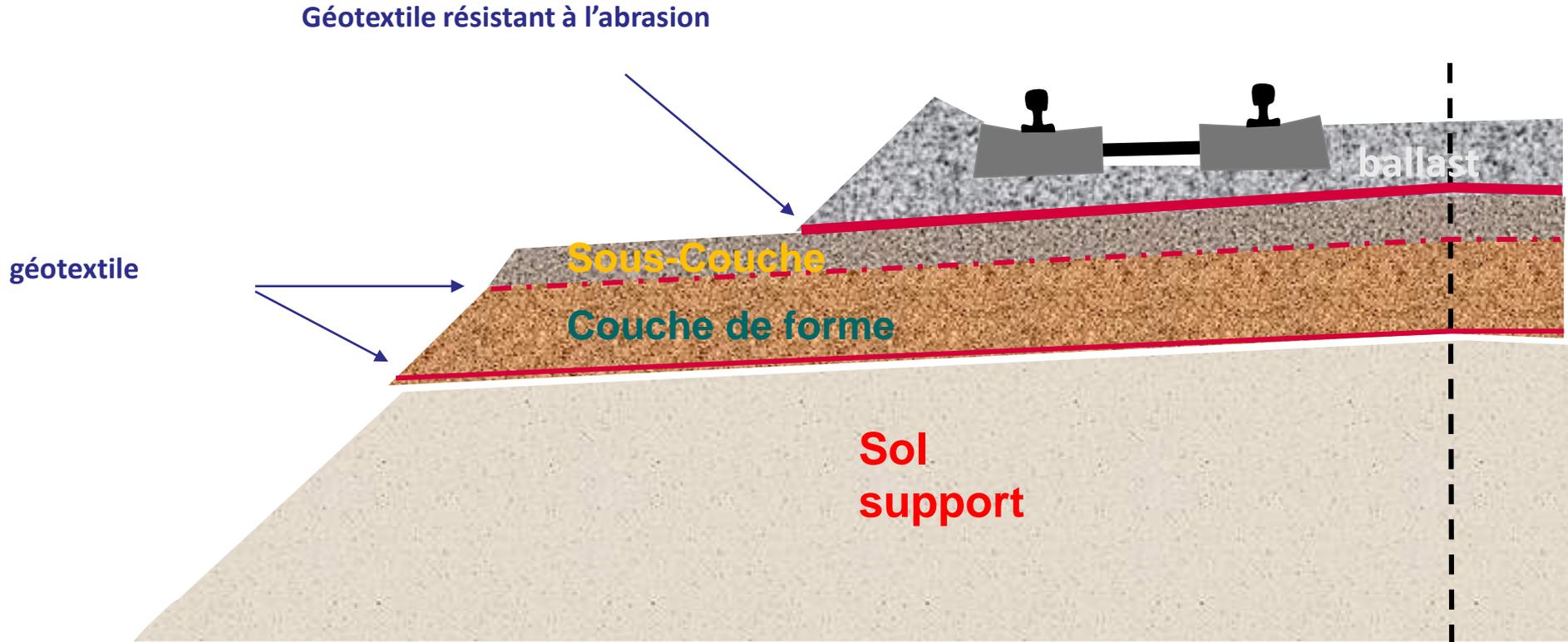
(H.Giraud)

- la stabilité de la voie n'est plus assurée
- la vitesse doit être réduite

***Le ballast est un très bon amortisseur
..., s'il n'est pas pollué***



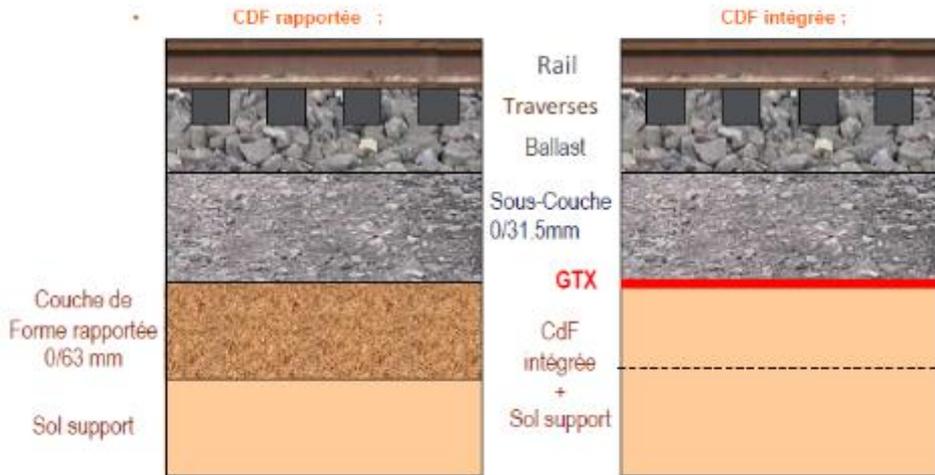
Structure ferroviaire avec geosynthétiques intégrés



Structure ferroviaire avec geosynthétique intégré



➤ Sur infrastructure neuve, deux types de configuration:

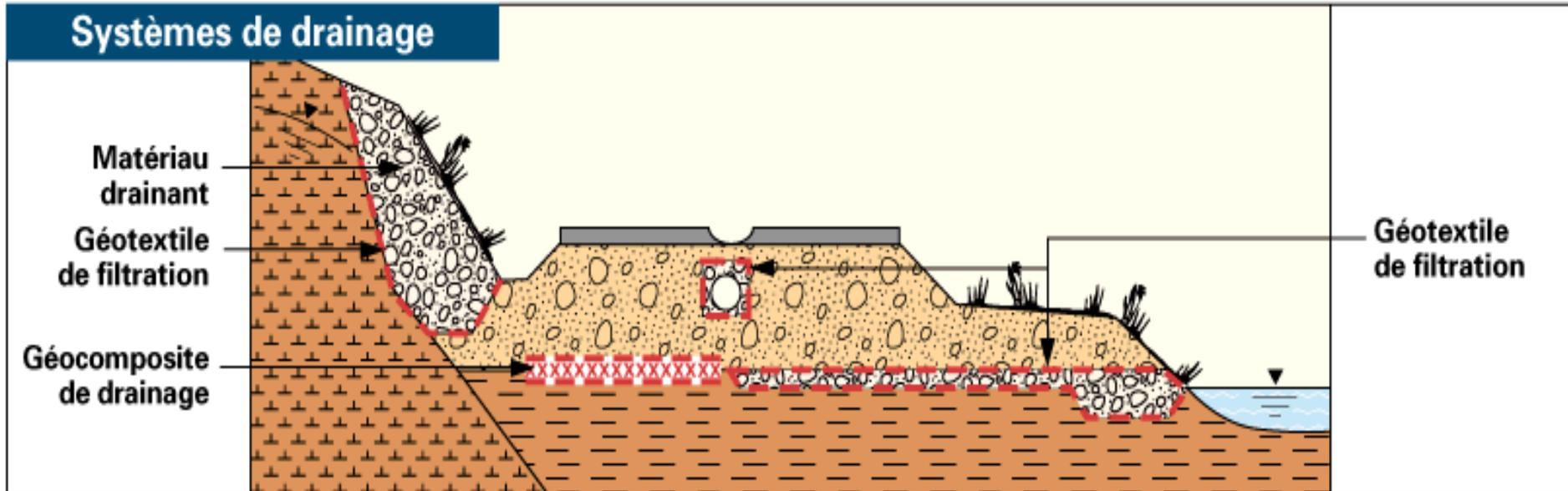


(H.Giraud)

*La pathologie des infrastructures de transport,
c'est d'abord une HISTOIRE D'EAU !*

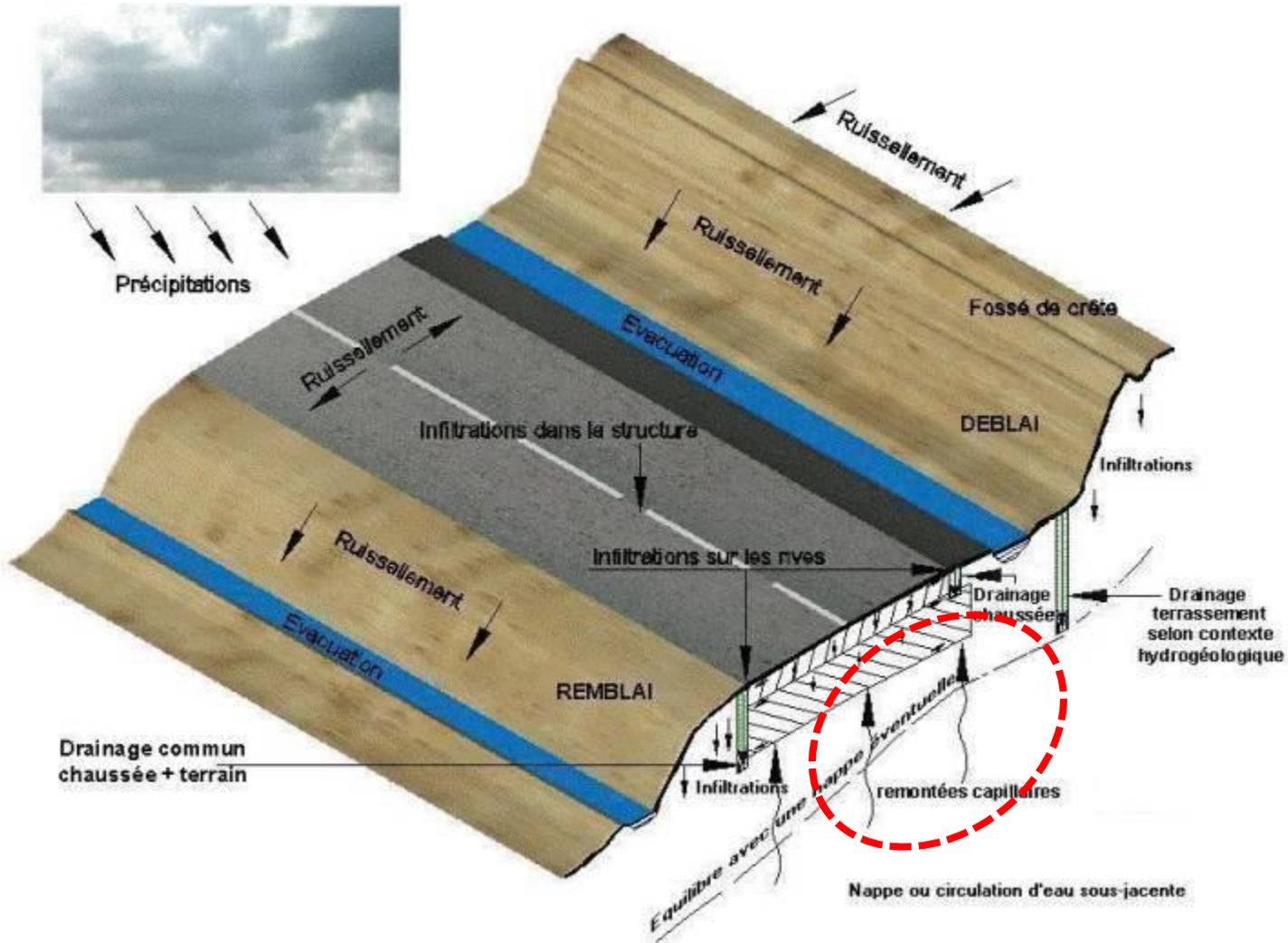
Il va donc falloir **DRAINER** et **FILTRE**

Mais au préalable, il faut un bon ingénieur
pour **LOCALISER LES ARRIVEES D'EAU !**



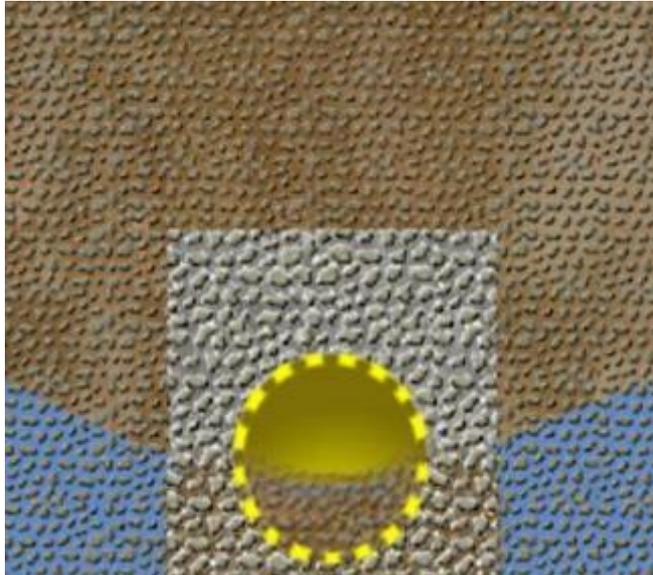
Fonction Filtre

Abaisser le niveau d'eau sous la chaussée

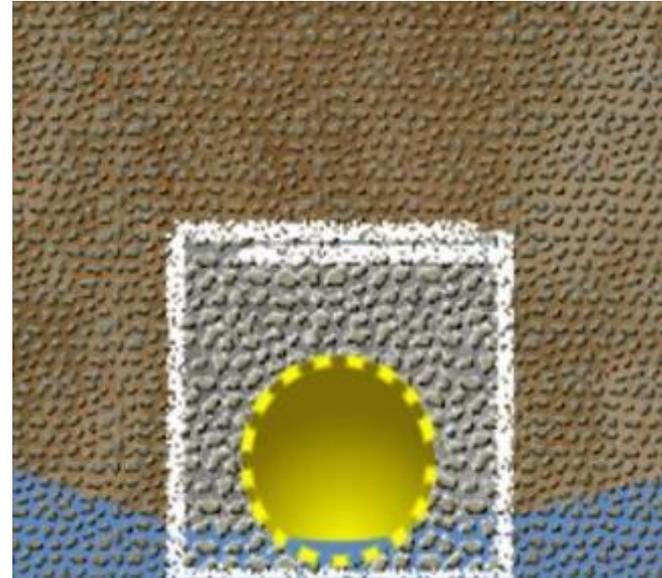


... pour éviter les remontées capillaires

Jamais une tranchée drainante sans son géotextile (*filtre*) !



Sans filtration
(colmatage)



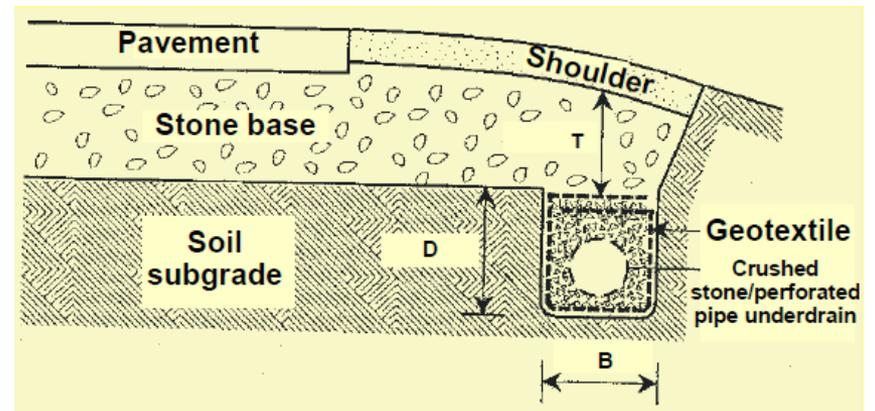
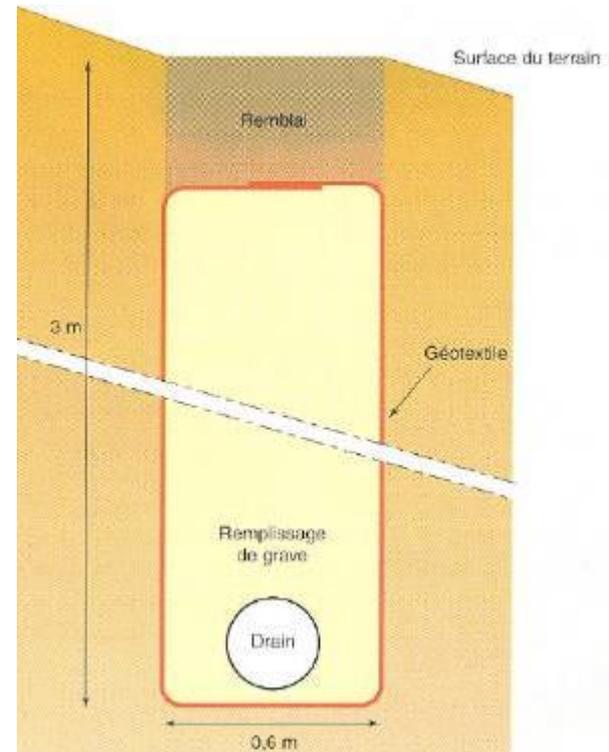
Filtration avec géotextile



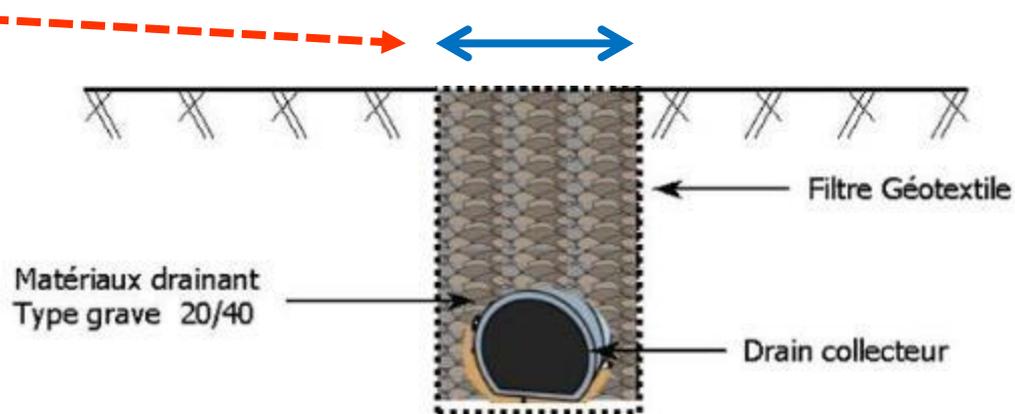
Visio-inspection du
collecteur d'une
tranchée



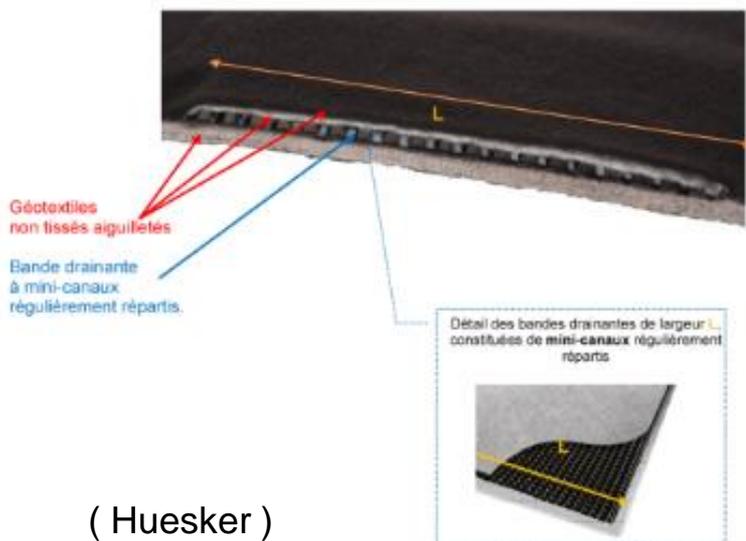
Tranchée drainante type



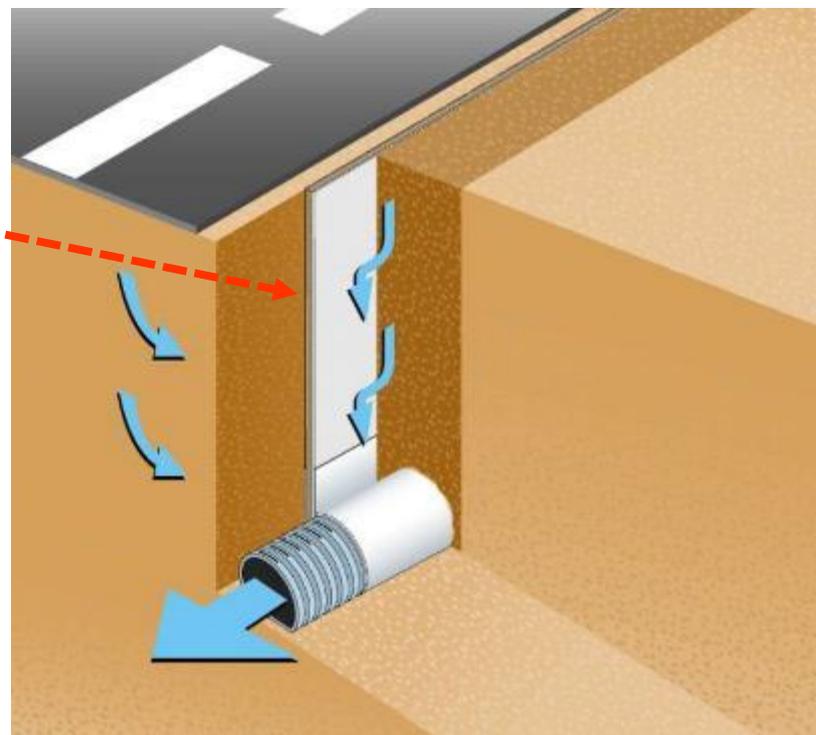
En fait dans une tranchée drainante traditionnelle, l'épaisseur de gravier de la tranchée est généralement surdimensionnée



Fonction Filtre-Drain Ecran drainant de rive de chaussée

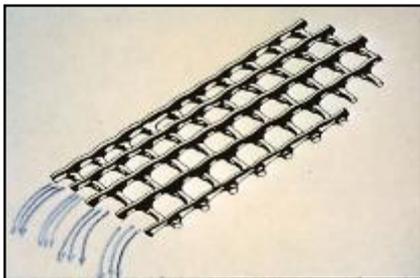
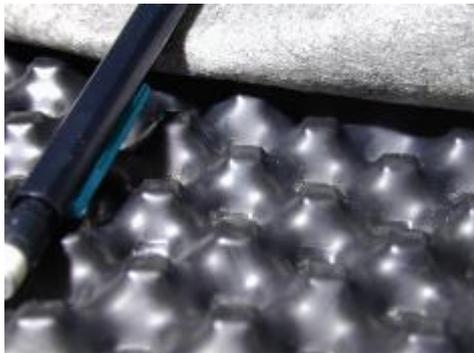
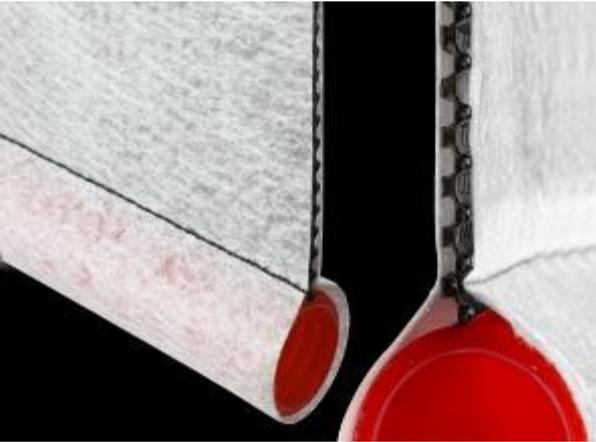


(Huesker)



(Afitex)

Mise en place d'un Ecran Drainant de Rive de Chaussée (EDRC)



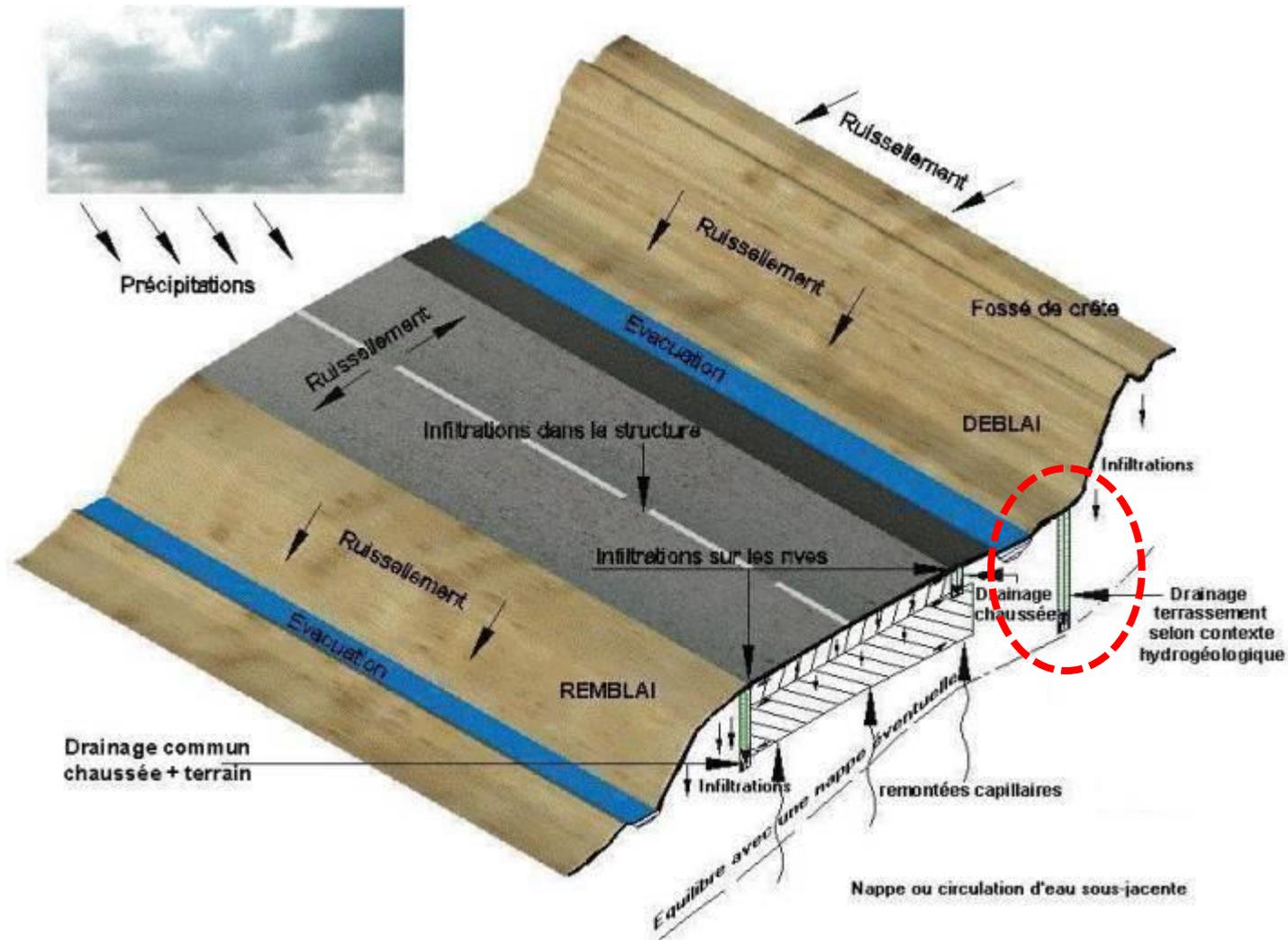
(Huesker)

Mise en place d'un Ecran Drainant de Rive de Chaussée (EDRC)



(LRPC Lille)

Tranchée drainante de grande profondeur pour couper les arrivées d'eau latérales





Sans ça ...



(LRPC Bordeaux)

Il aurait fallu drainer plus profond pour éviter un défaut de portance!

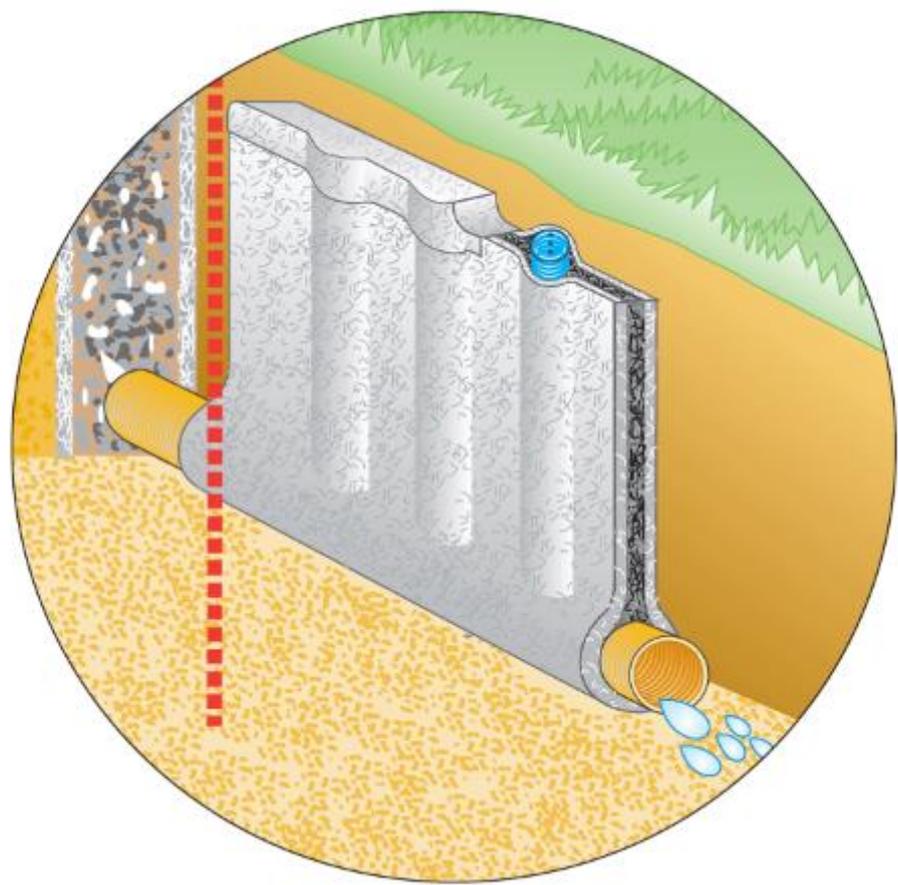


(R.Arab)

Fonction Filtre-Drain

Solution géocomposite

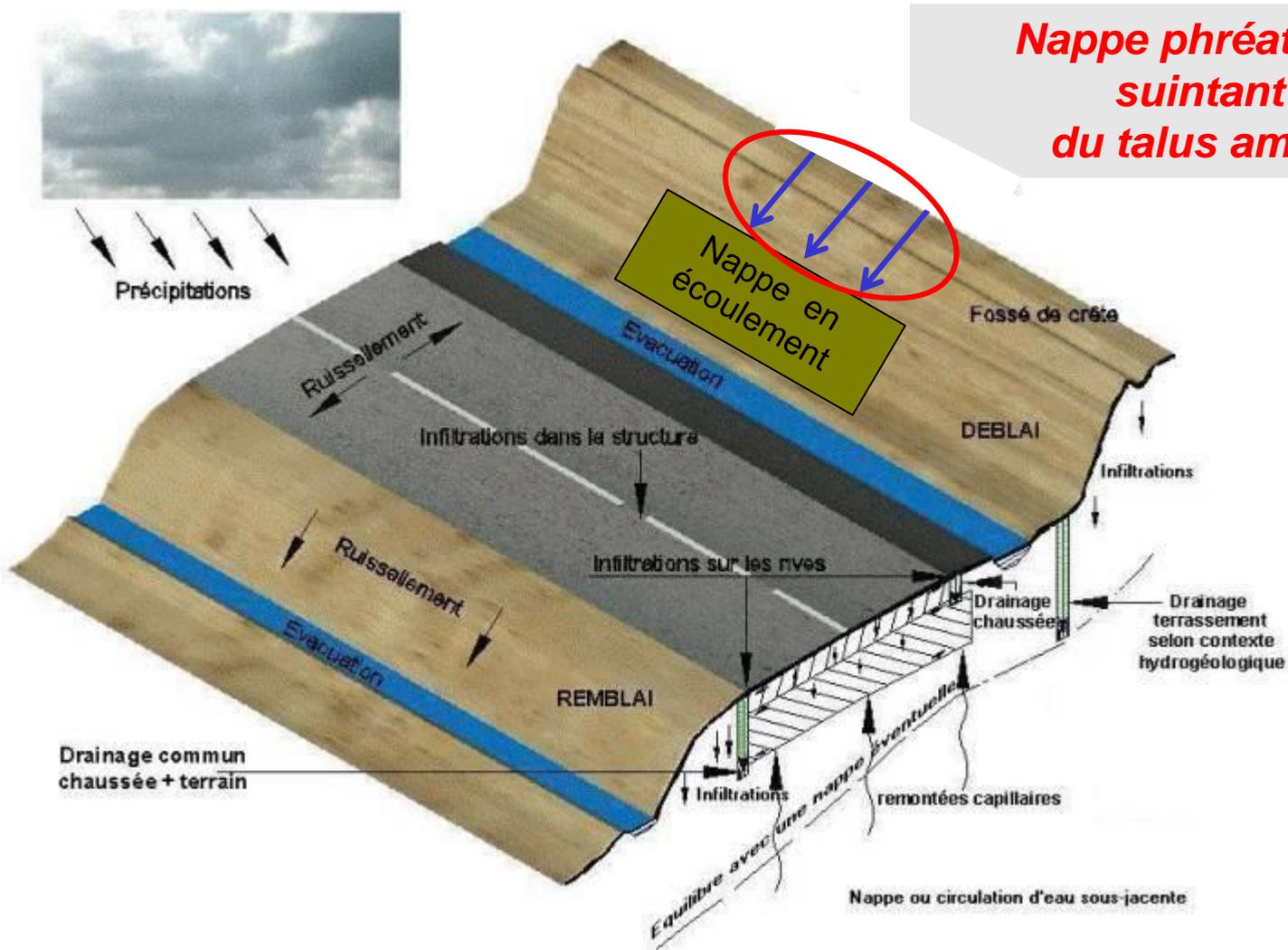
en variante à une tranchée granulaire profonde



(Térageos)

Fonction Filtre

Stabiliser la pente en rabattant l'eau du talus

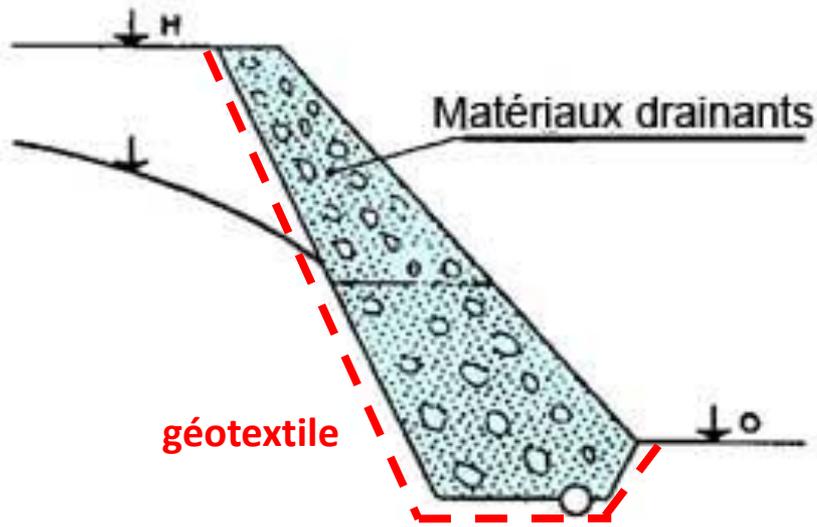


Talus de déblai trop raidi et trop humide!



(R.Arab)

Masque drainant granulaire avec filtre géotextile



Fonctions hydrauliques

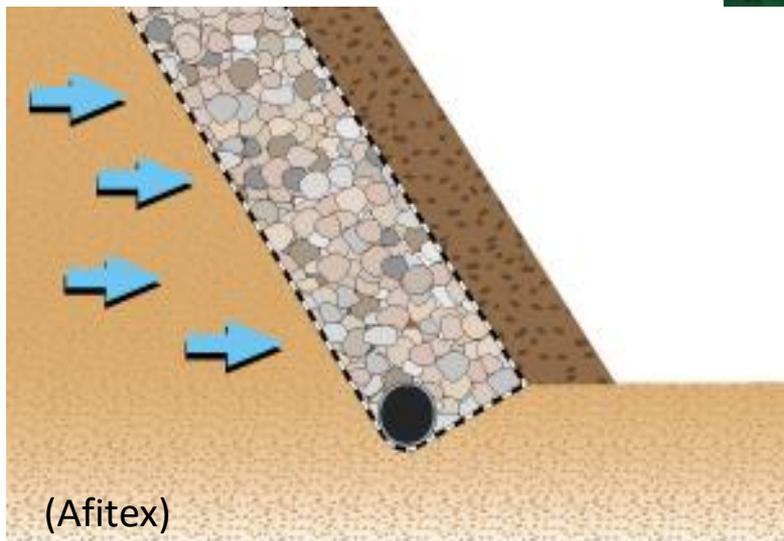
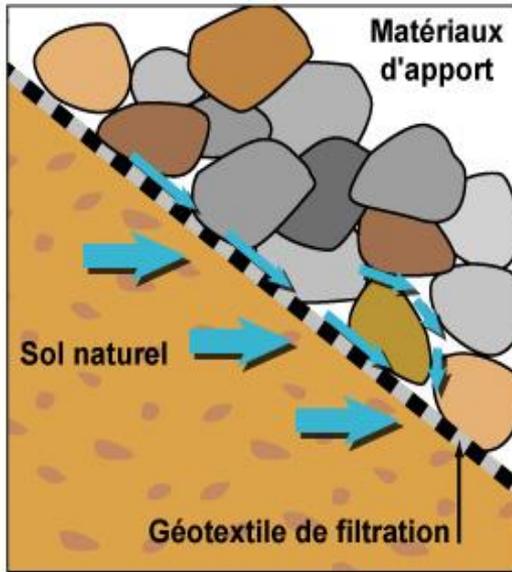
- ✓ Intercepter les venues d'eau dans les talus de déblai ou talus naturels et diminuer les pressions interstitielles
- ✓ Abaisser le niveau de la nappe

Fonction mécanique

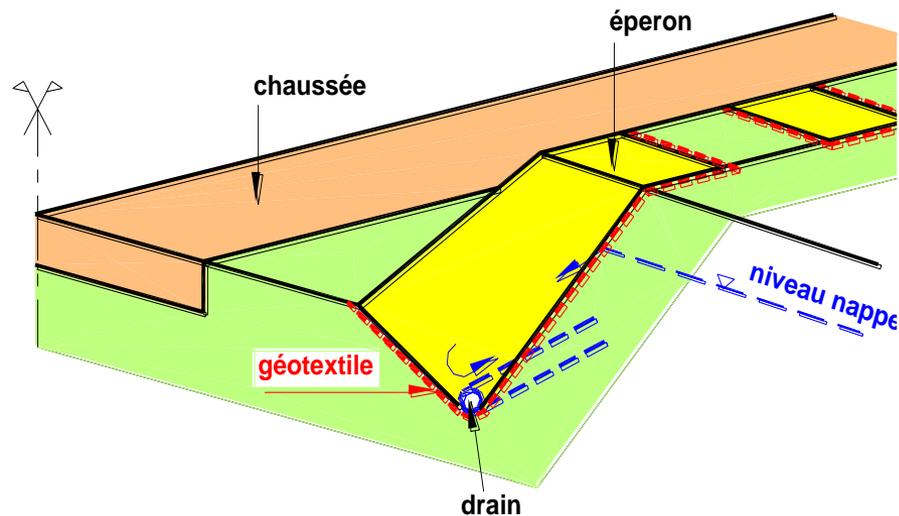
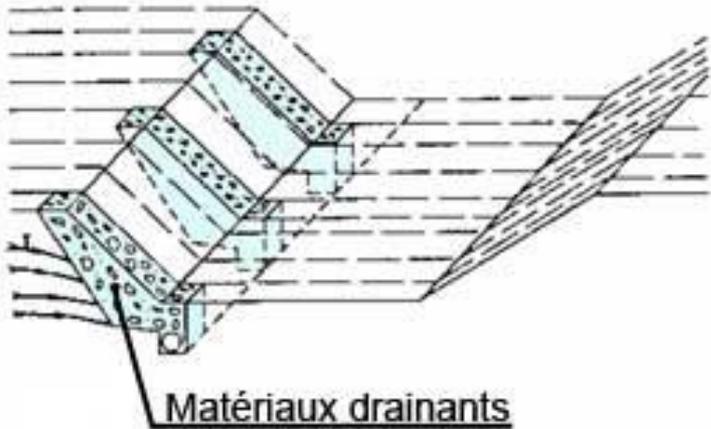
- ✓ stabilisation mécanique par le poids qu'il apporte.



Masque drainant: Le géotextile sert de filtre pour le sol amont



Eperon drainant avec filtre géotextile ($H_{\text{talus}} < 5m$)



Eperon drainant avec filtre géotextile



Eperon drainant avec filtre géotextile,... mais ça se dimensionne!

Et cette photo , ça se mérite !



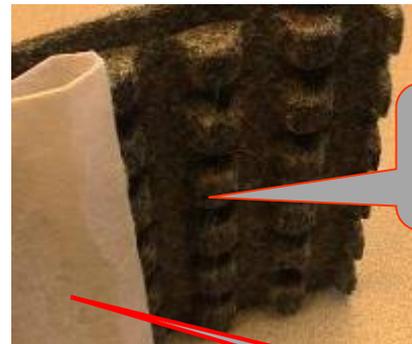
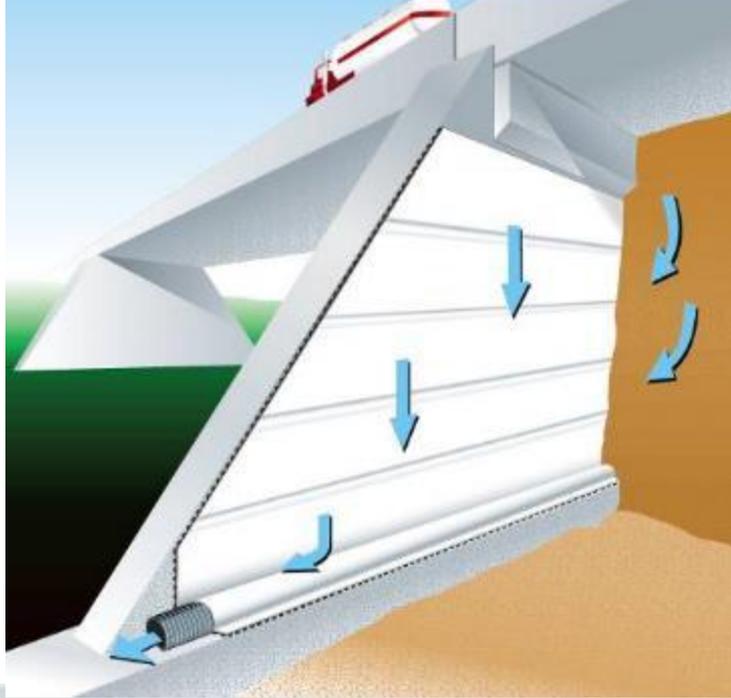
Janvier 2018



Septembre 2018

Fonction Filtre-Drain

Drainage par géocomposite à l'arrière des ouvrages d'art



Structure alvéolaire thermoformée

filtre

(Afitex)

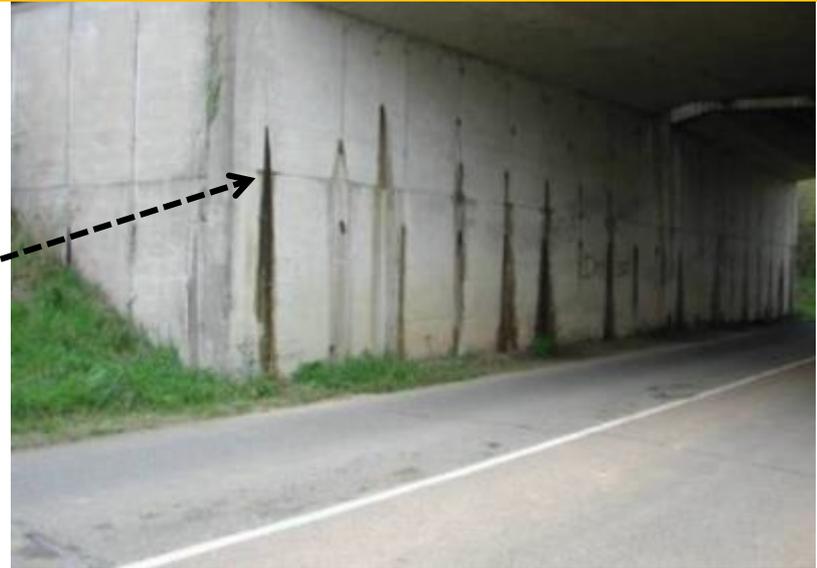
Absence de drainage à l'arrière du pied droit d'un pont

Conséquences:

- coulures par les trous de coffrage
- entraînement de fines
- tassement de la dalle de transition
- apparition d'un flash en chaussée

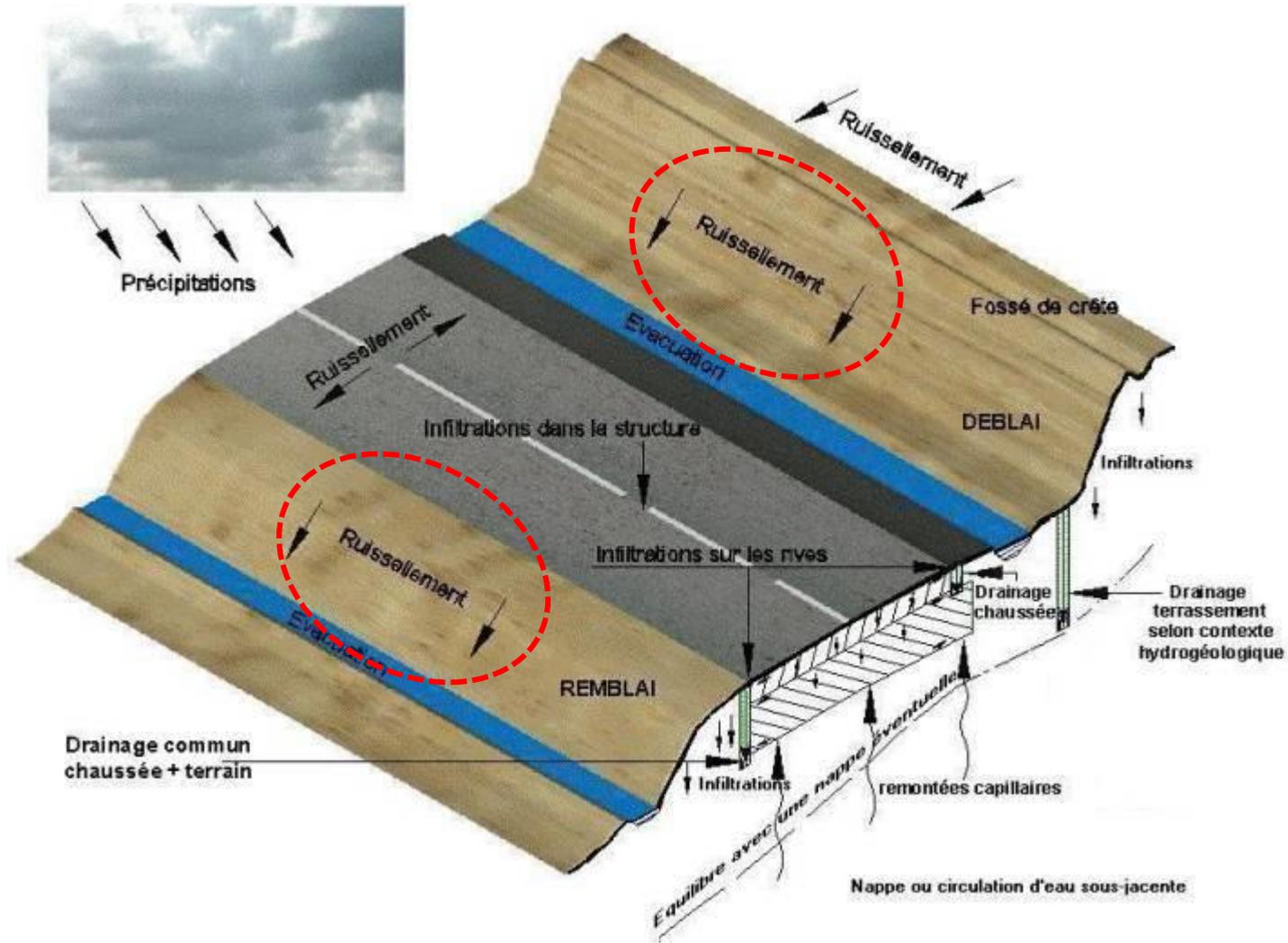
Solution:

- pose d'un GEOESPACEUR avec filtre derrière le pied droit



Fonction Anti-Erosion

Contrôler les eaux de ruissellement des talus



Les déblais non végétalisés sont sensibles à l'érosion pluviale

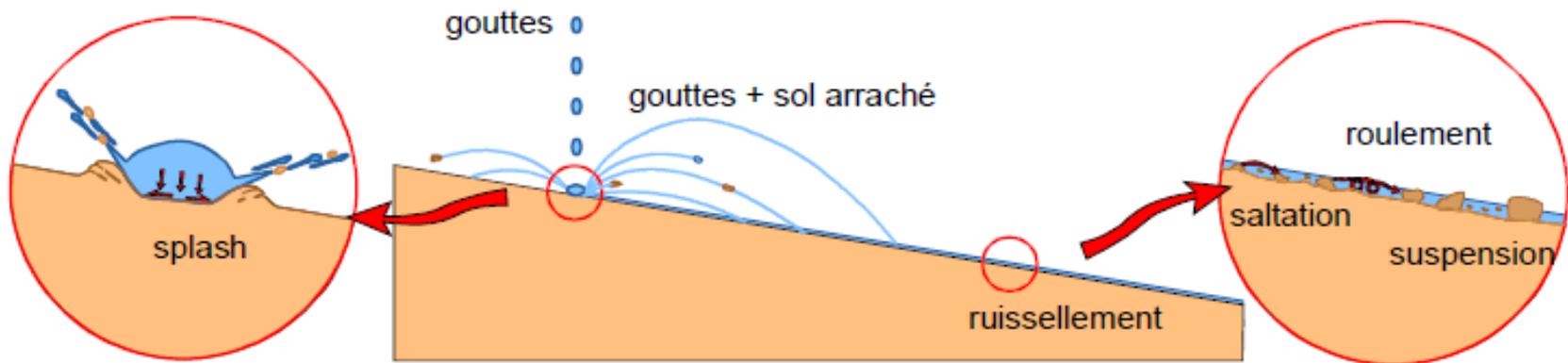


(Térageos)

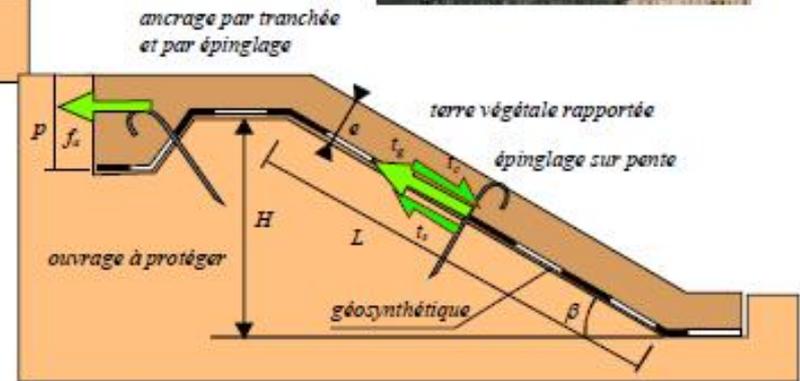
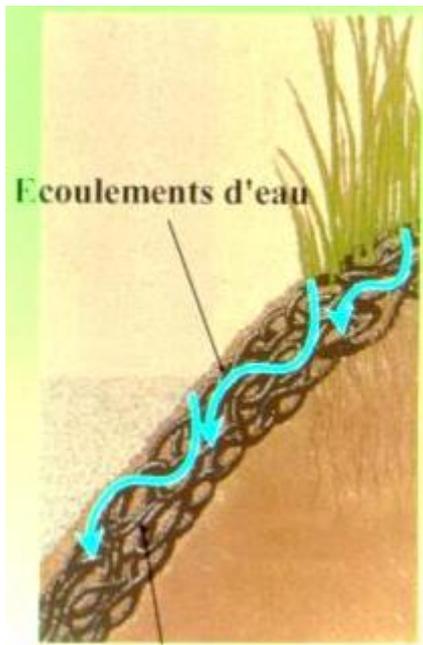
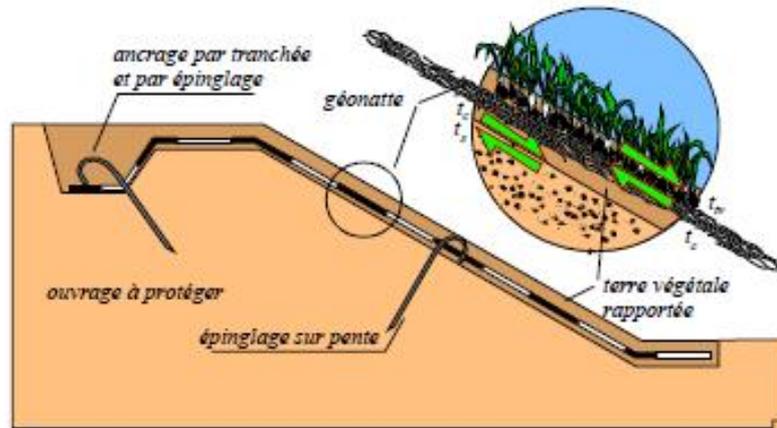
Les ingénieurs de Génie Civil sont peu familiers avec les mécanismes d'érosion des sols

Érosion pluviale

- Les deux mécanismes de l'érosion pluviale
 - ➔ Effet d'impact (splash)
 - ➔ Ruissellement



Plusieurs modes de contrôle de l'érosion: → *Natte de Renforcement du Sol d'apport (RSA)*

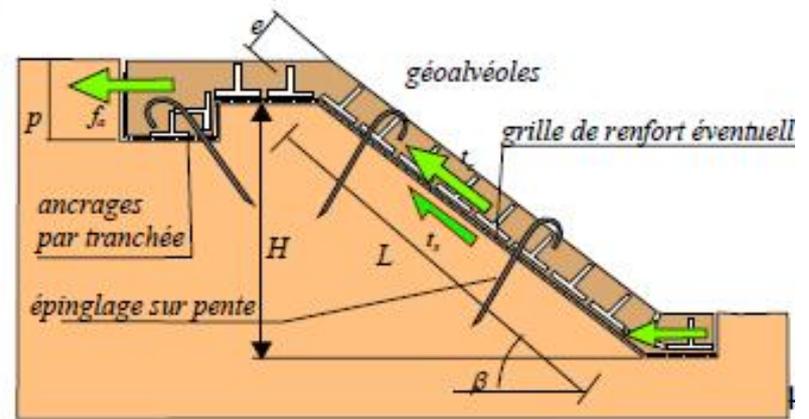
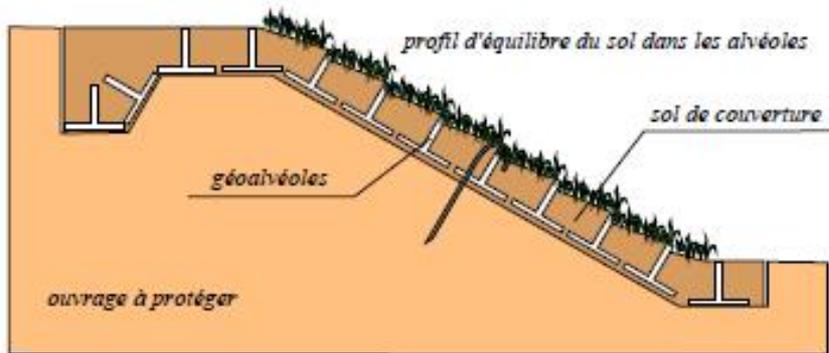


(CFG)

La structure fibreuse du géosynthétique remplace le tissu racinaire avant prise de la végétation

Plusieurs modes de contrôle de l'érosion:

→ *Systèmes de Confinement Géo-Alvéolaires (CGA)*



(CFG)

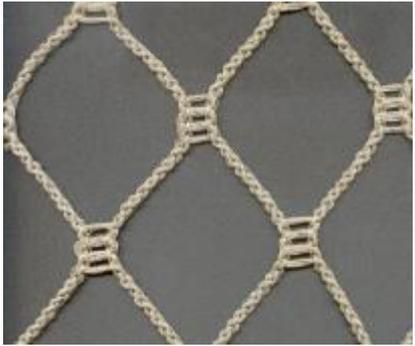


Un autre Système de Confinement Géo-Alvéolaires(CGA)



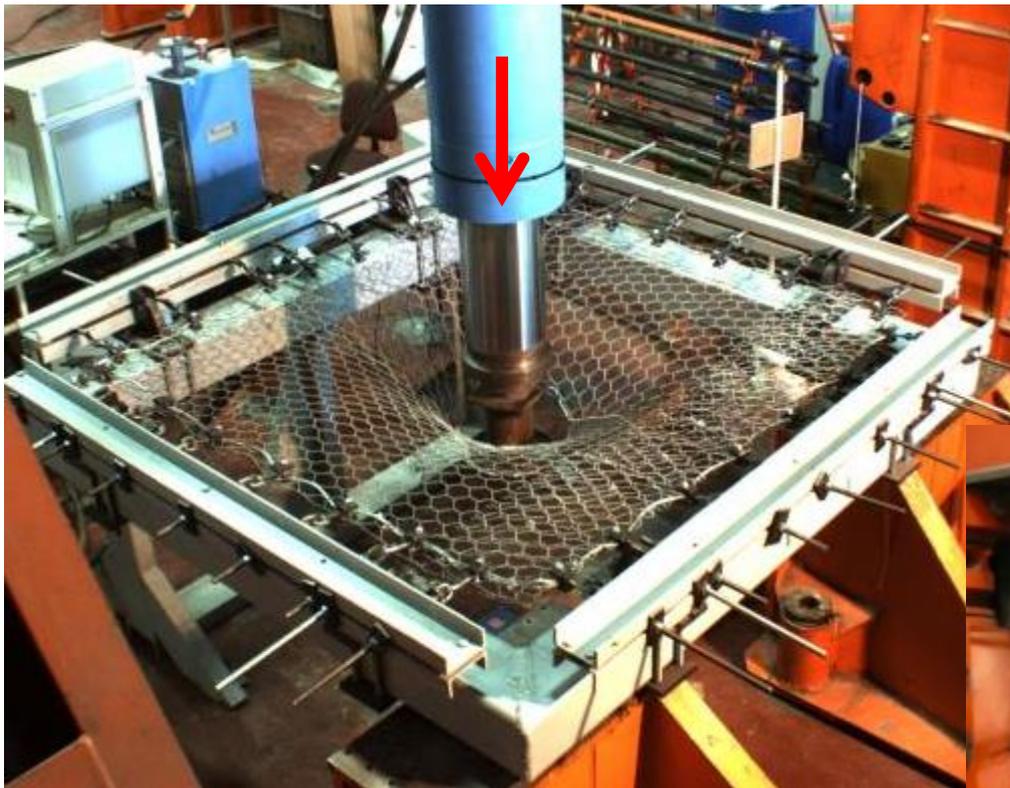
(Térageos)

On n'oubliera pas le contrôle de l'érosion des talus rocheux par Géo-filets



(Téxinov)

Tests en laboratoire sur Géo-filets



Considérons maintenant plus spécifiquement le cas des remblais d'infrastructures de transport

Le poids du remblai va entraîner des « sous-pressions » (surpressions interstitielles) dans un sol support argilo-organique saturé :

→ Fonction **filtre-drain** des Géosynthétiques

Le poids du remblai peut représenter une charge statique qui peut dépasser la capacité portante du sol support :

→ Fonction de **renforcement** des Géosynthétiques



**Cas extrême de la
construction d'un
Remblai
sur sol très mou
(Nord Quebec-Canada)**



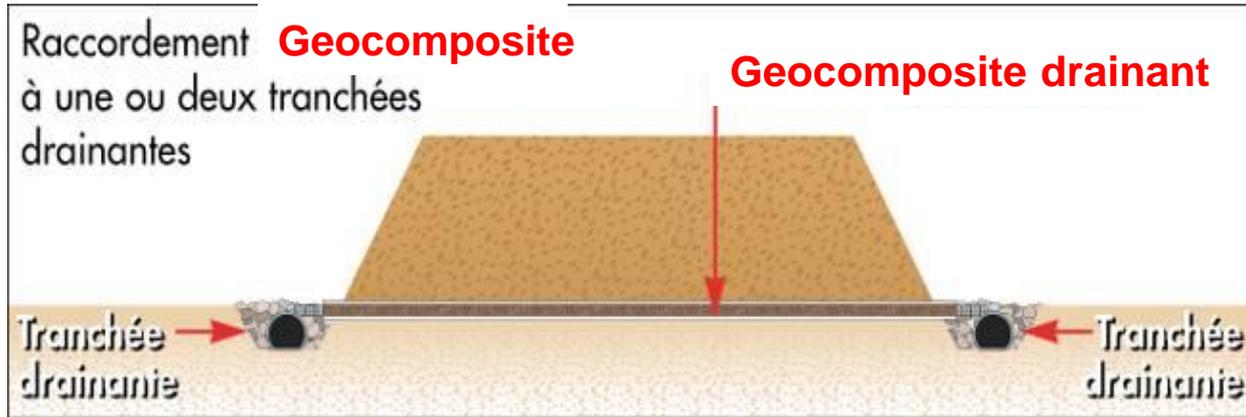
***Bouffant correspondant à
la Remontée latérale du sol support***



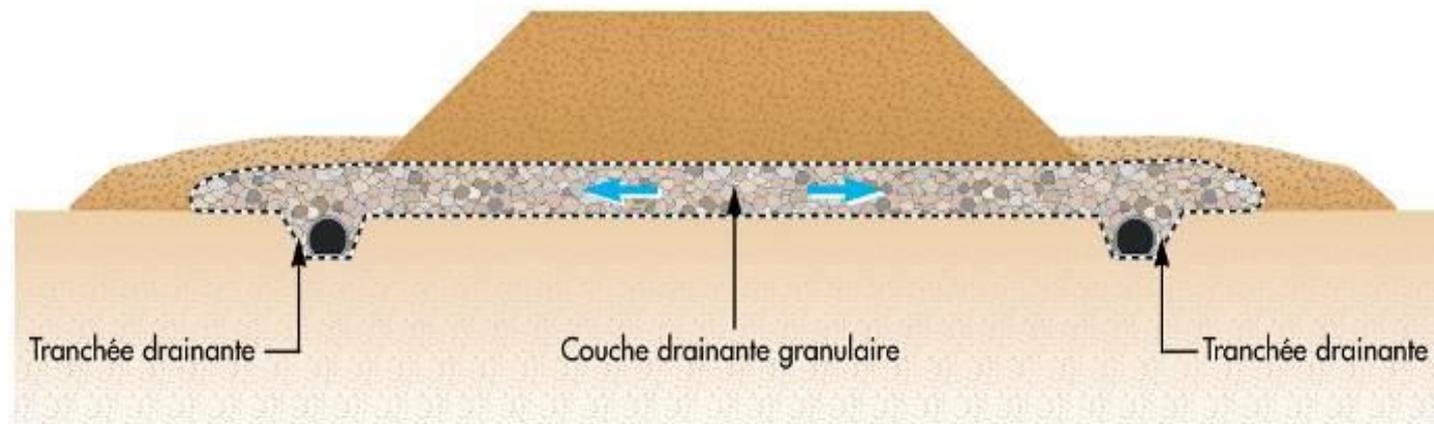
***Remontée d'eau interne
mise en surpression***

Drainage des eaux sous remblai

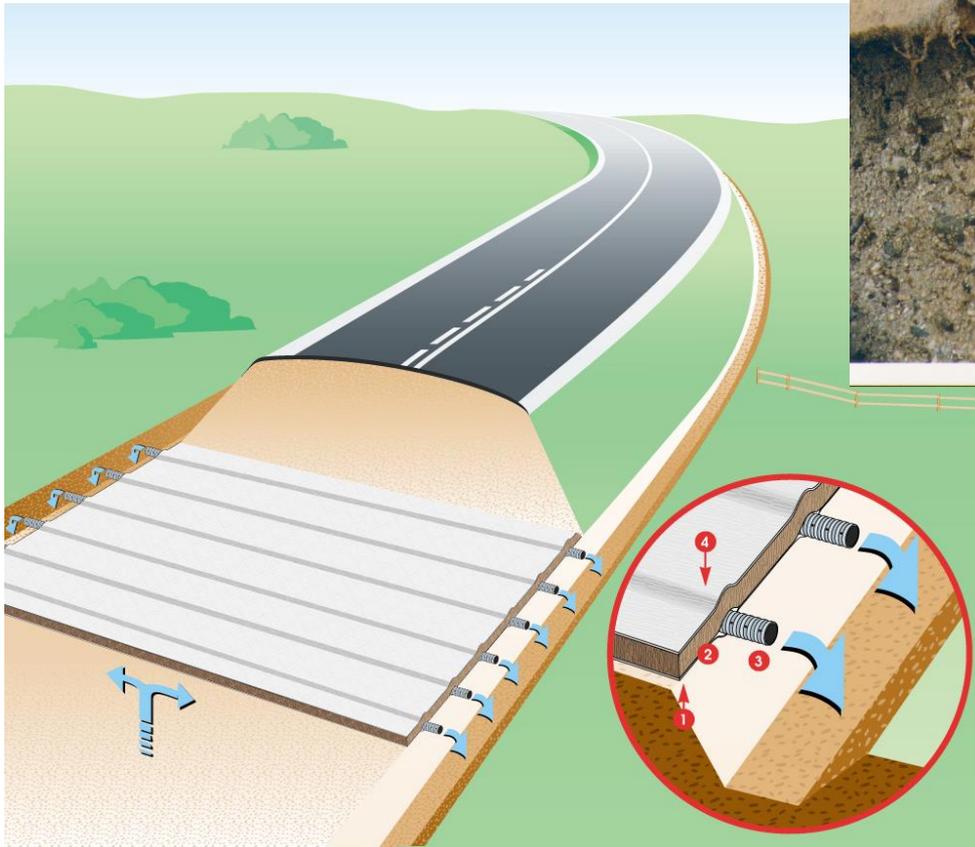
La solution Géocomposite drainant



peut remplacer la solution traditionnelle
en couche granulaire protégée par deux géotextiles de filtration



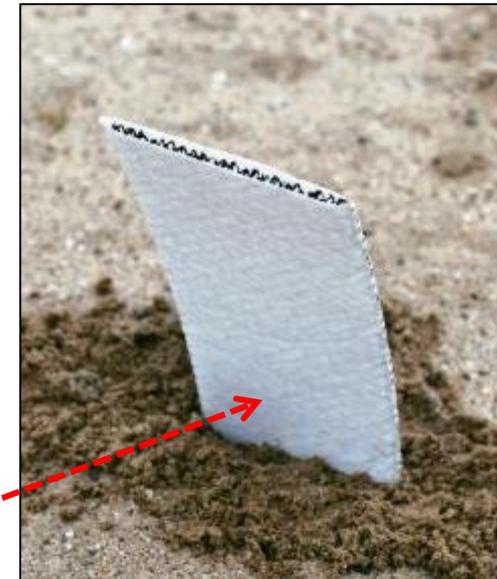
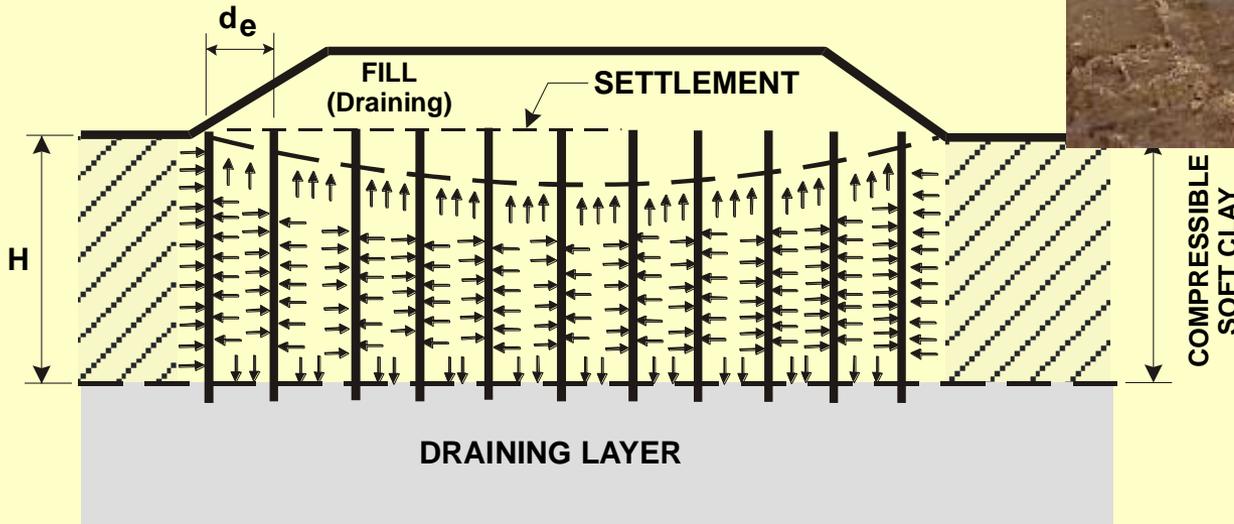
Exemple de tapis drainant sous remblai



(Afitex)

Des drains verticaux vont permettre une dissipation plus rapide des surpressions de l'eau du sol support

La « consolidation » du sol est accélérée



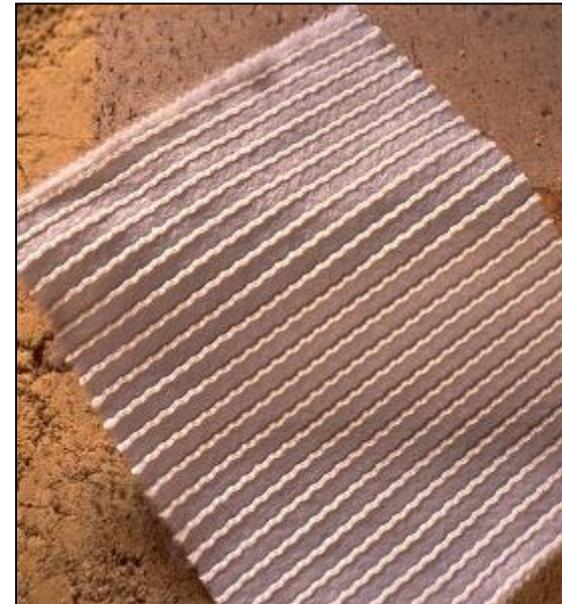
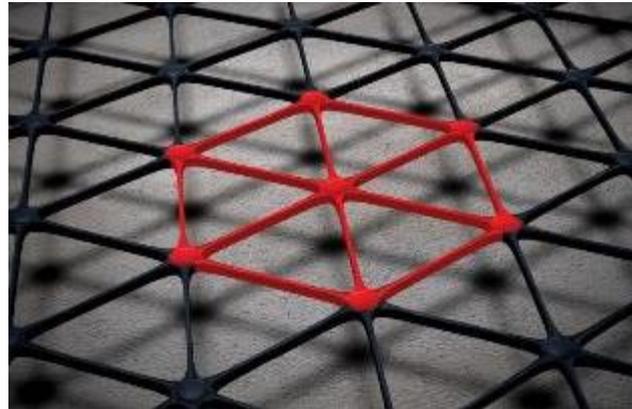
Drain vertical géocomposite

Couplage Drainage vertical—Drainage horizontal



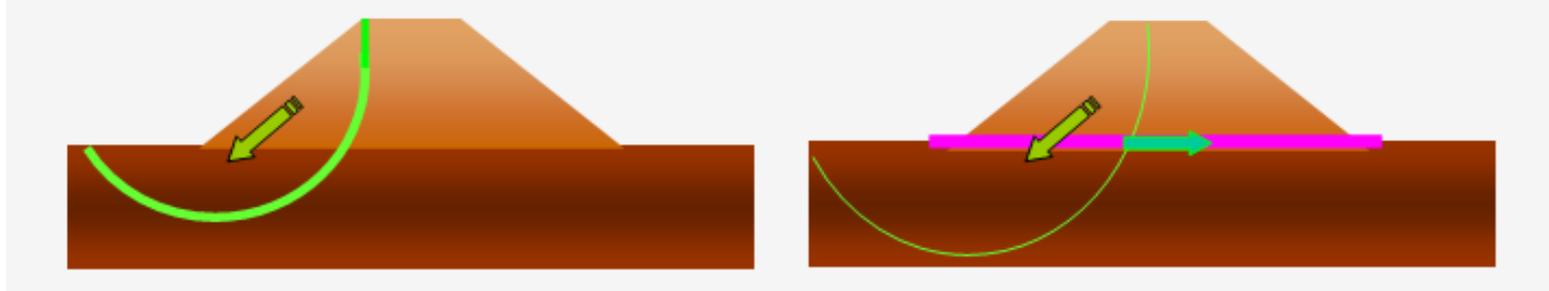
(Geosynthec)

Pour la fonction **Renforcement**, quelques types de géosynthétiques utilisés

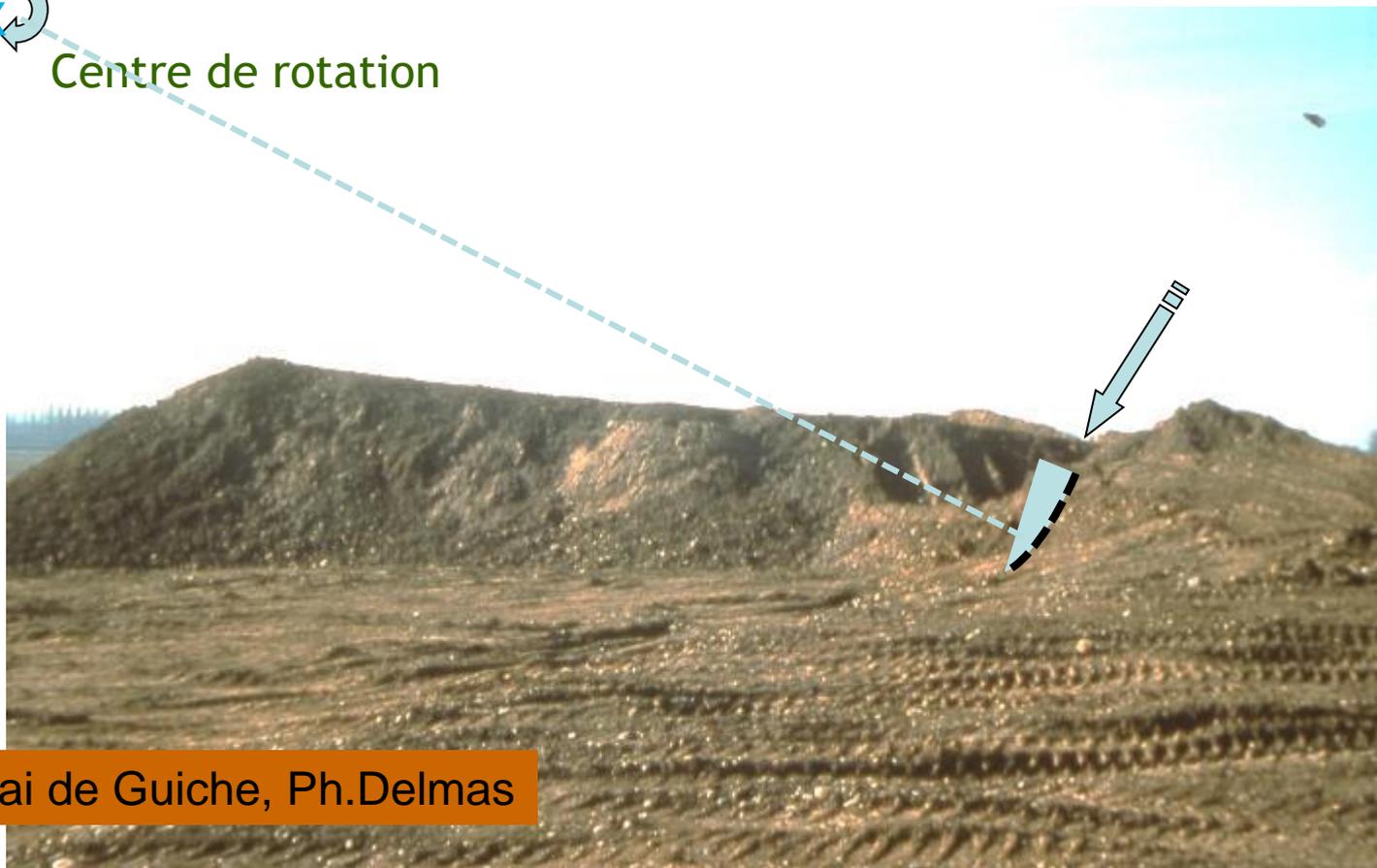


Fonction Renforcement

Retarder le glissement rotationnel du talus



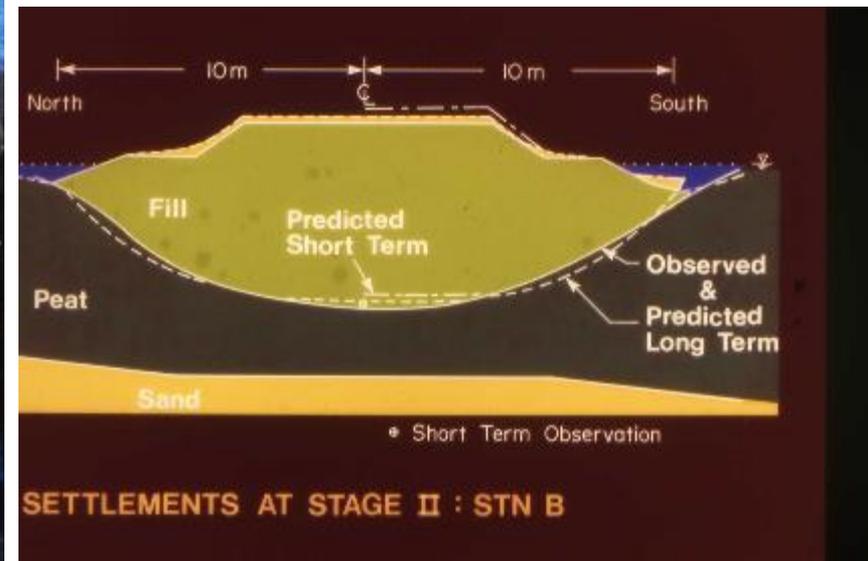
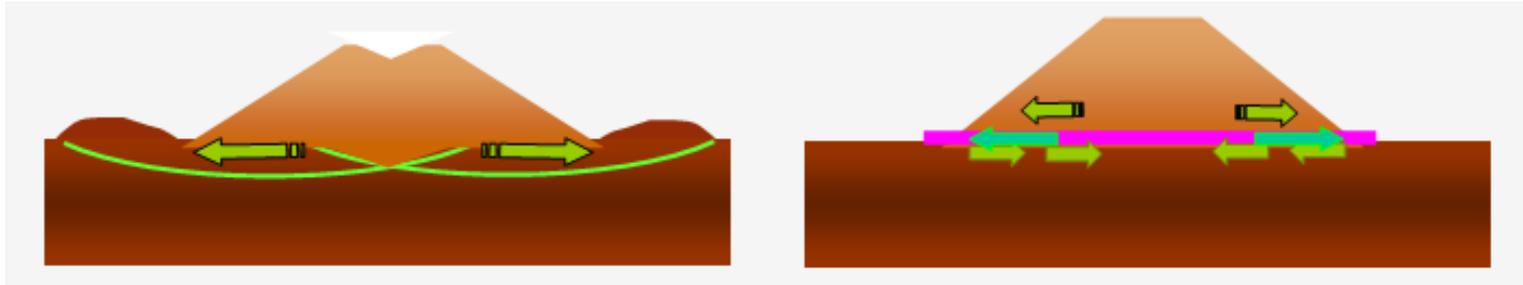
 Centre de rotation



Remblai de Guiche, Ph.Delmas

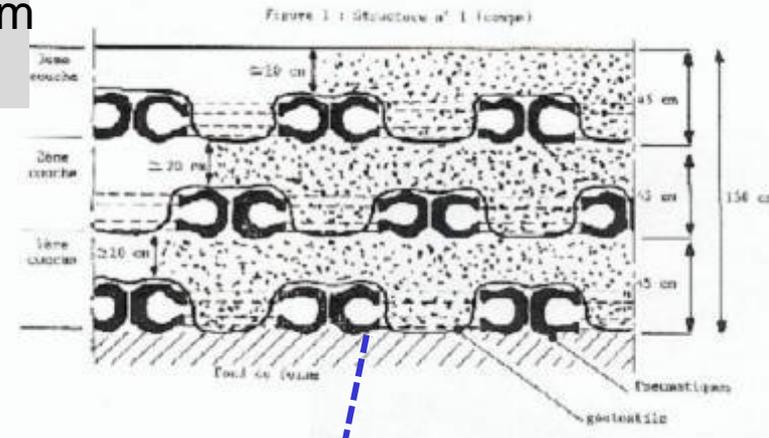
Fonction Renforcement

Augmenter la capacité portante



Géo-Solution « Active » pour augmenter la capacité portante : Alléger le remblai : pneusol, polystyrene

- masse volumique du remblai: $1,4 \text{ t/m}^3$ au lieu de 2 t/m^3
- prévoir une couche de transition graveleuse de 1,5m sous la couche de roulement

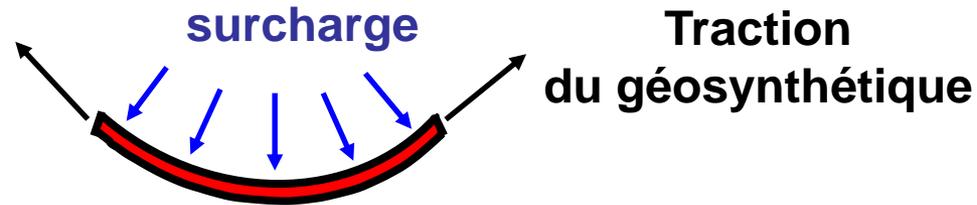


Rampe d'accès à un ouvrage d'art en remblai polystyrène

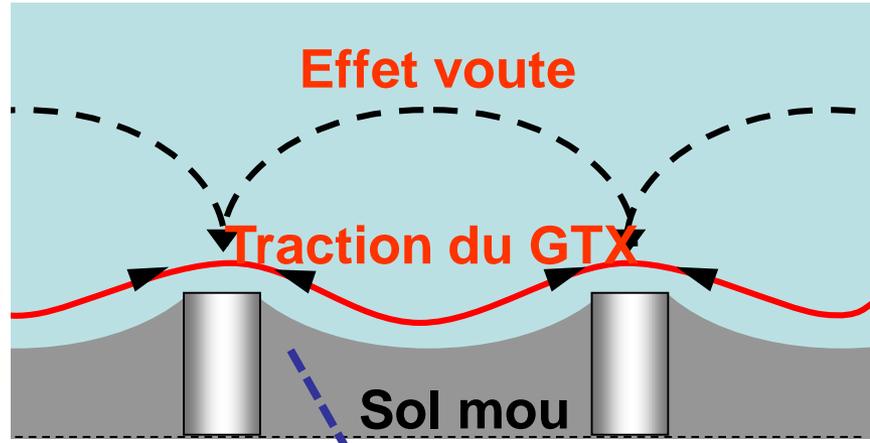
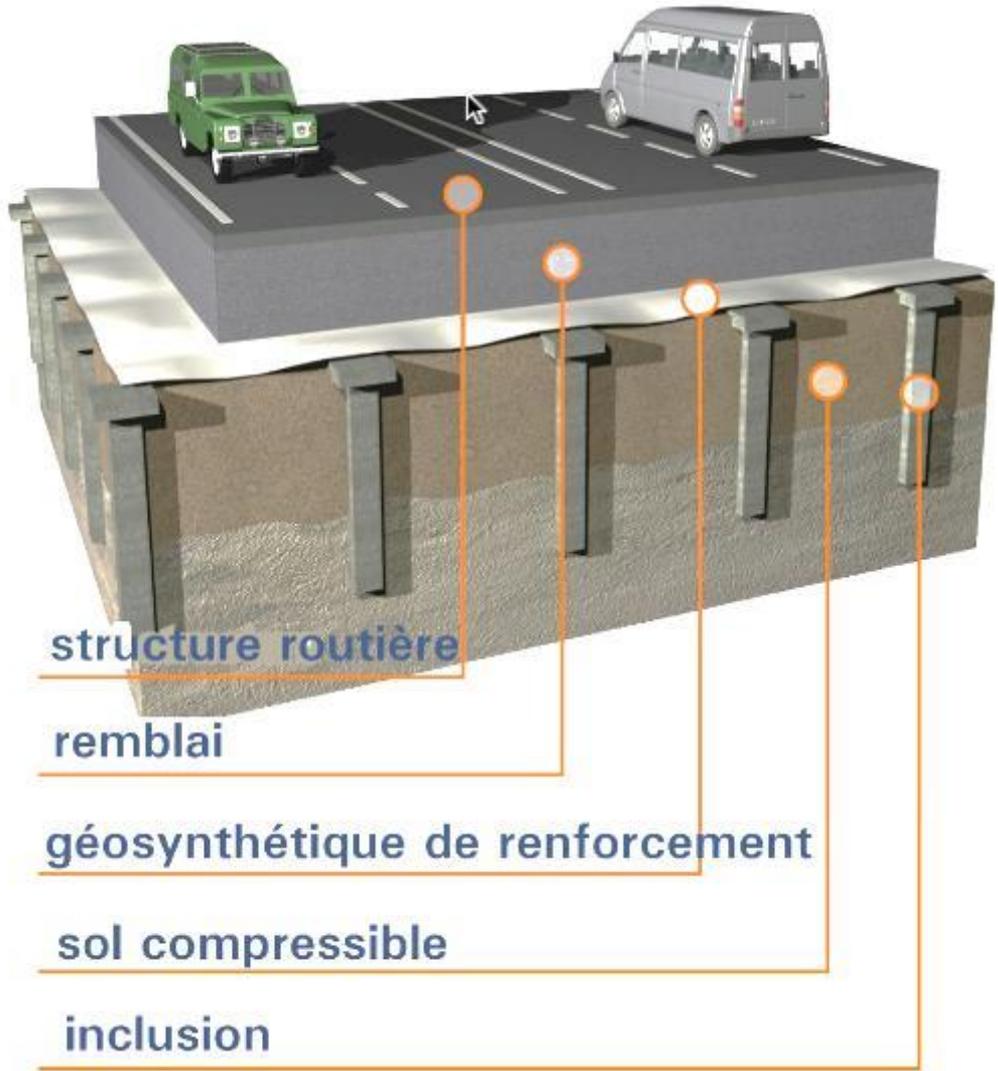


Fonction Renforcement

L' « effet membrane » qui associe deux propriétés des géosynthétiques, la **flexibilité** et la **résistance en traction**, a des applications intéressantes



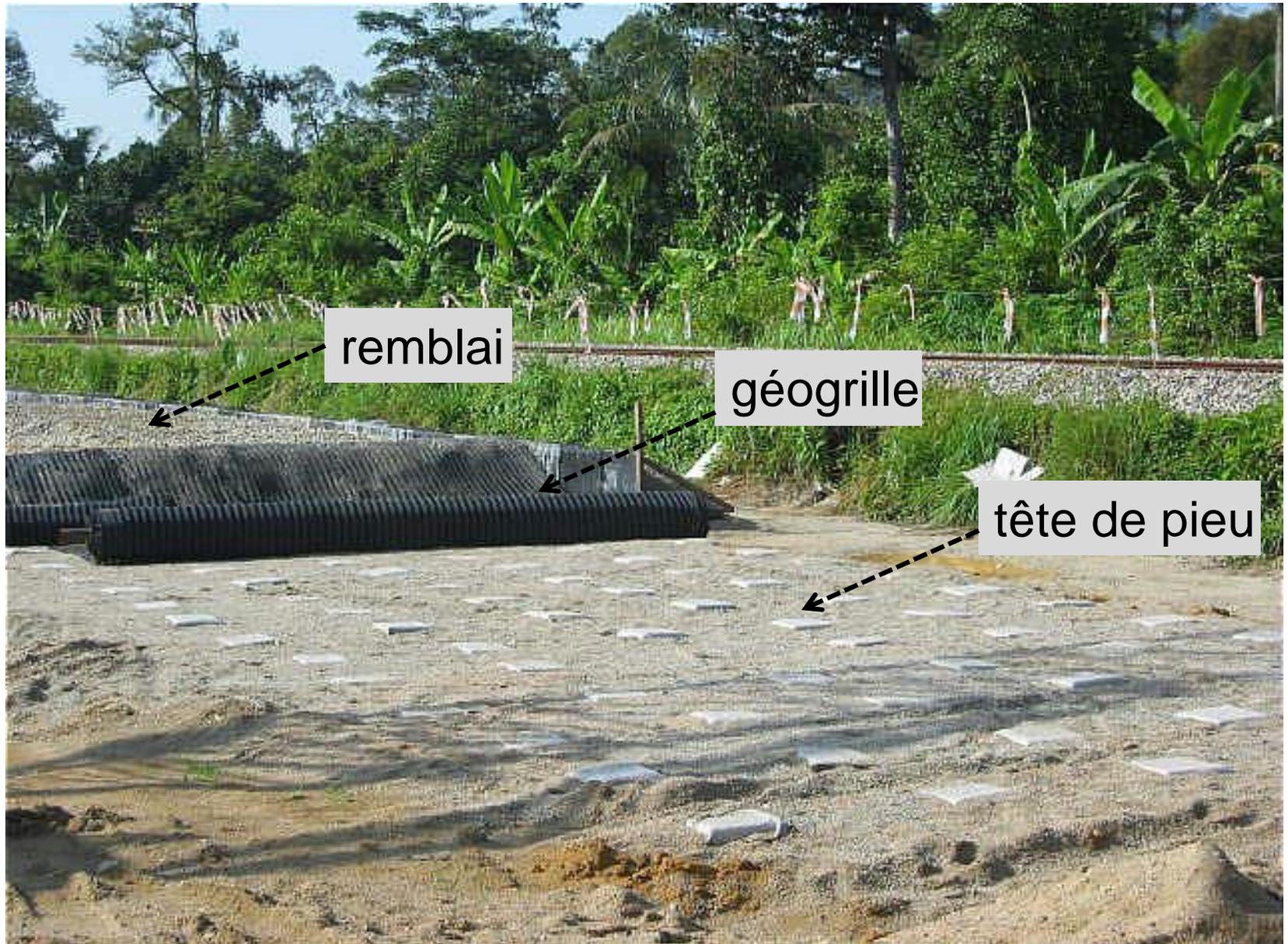
Le sol mou étant peu portant, le poids du remblai est transféré sur des pieux, via la nappe géosynthétique fonctionnant en « membrane »



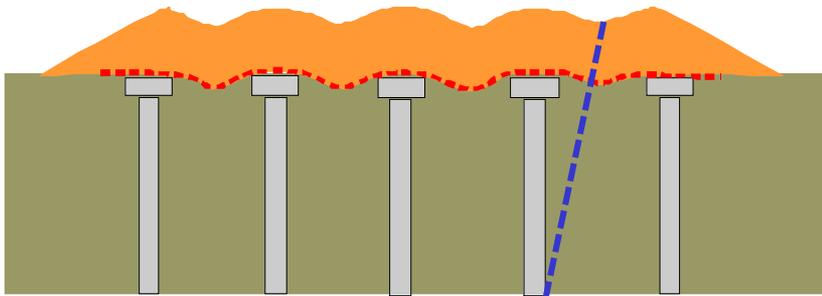
(Ph.Delmas , P.Villard)

(Tencate)

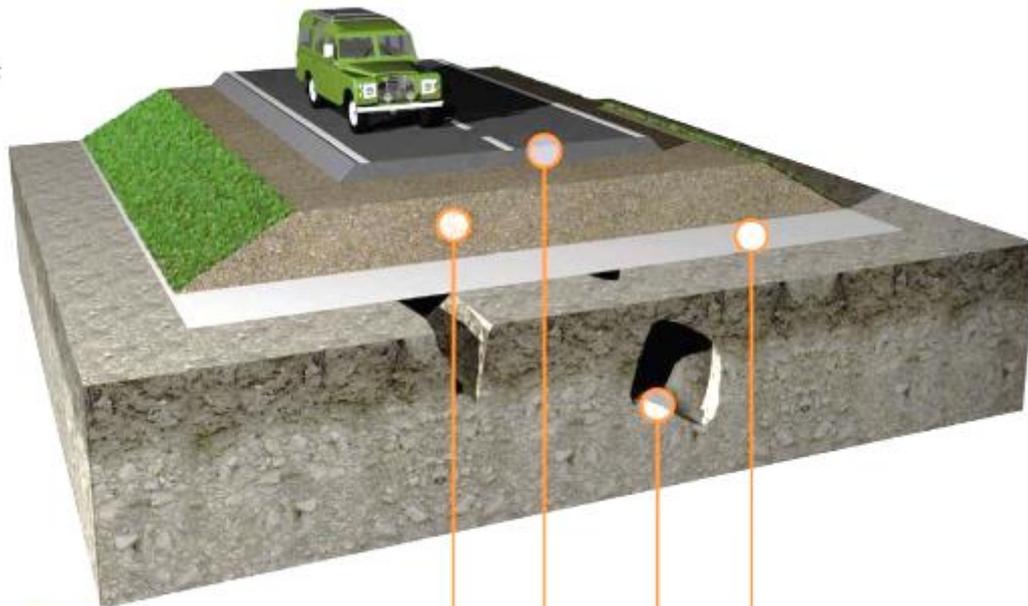
Construction d'une voie ferrée sur sol mou



**Attention : Épaisseur minimale de remblai
pour « lisser » en surface la déformée en membrane ?**



Remblai sur sol localement effondrable: une autre application de l' « effet membrane »



remblai

structure routière ou ferroviaire

sol avec risque d'effondrements

géosynthétique de renforcement

(Tencate)



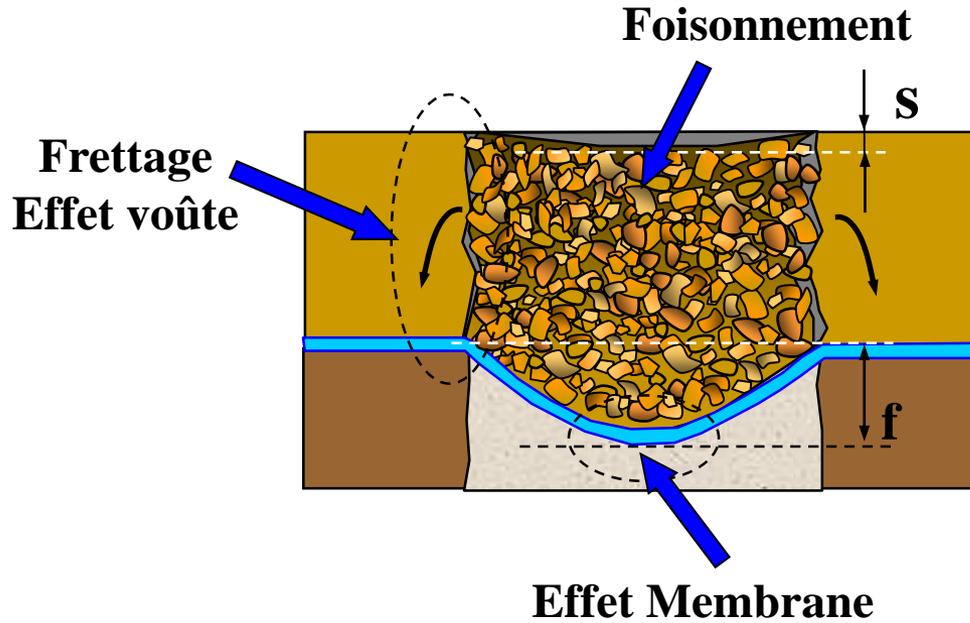
Cavité sous ballast



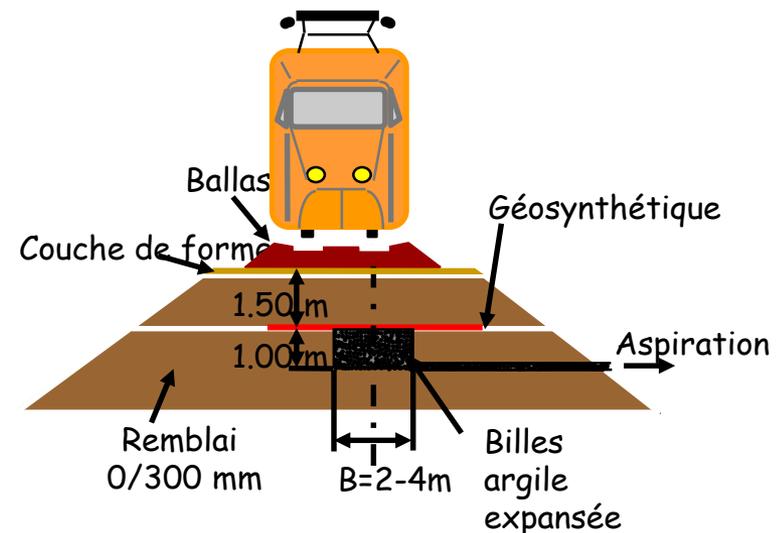
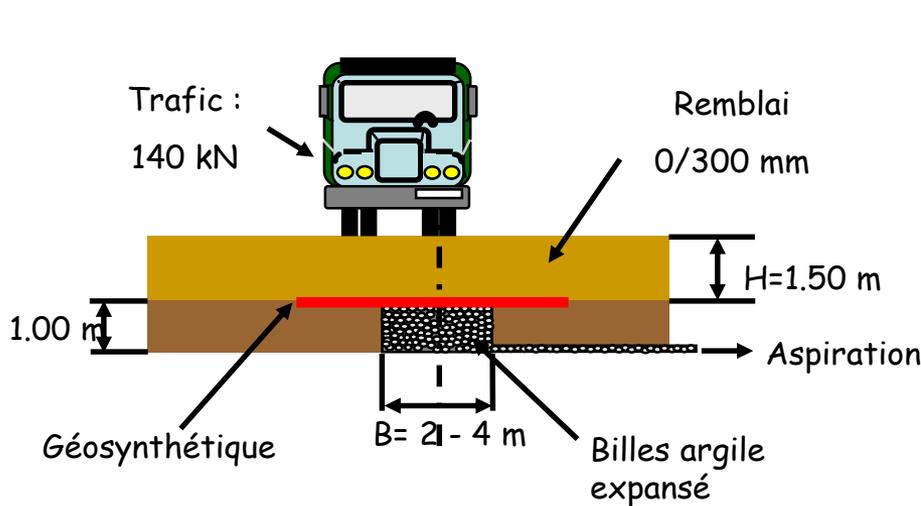
Karst (RFA)

(Huesker)

Une expérimentation française en vrai grandeur a permis de quantifier cet « effet membrane » ou « effet parachute »

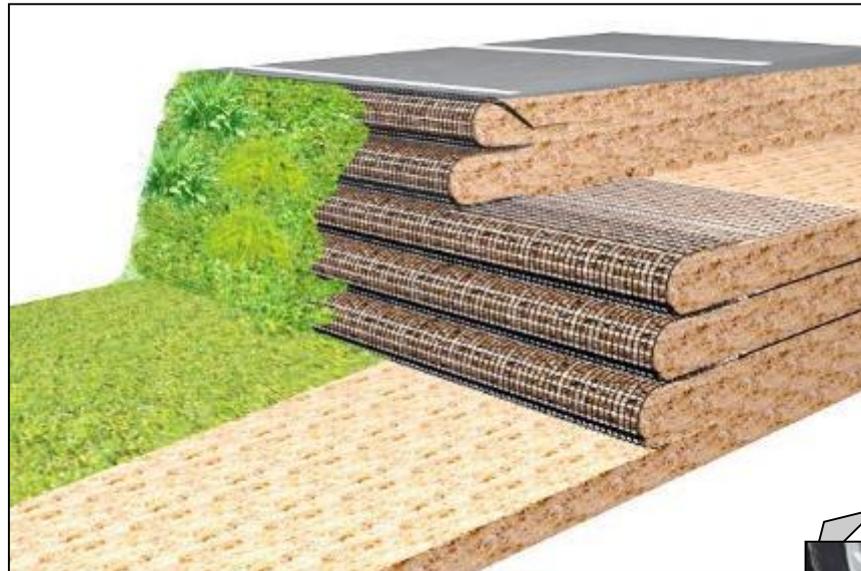


(P.Villard)

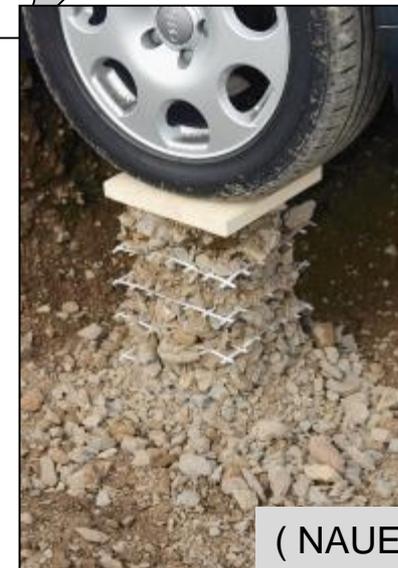
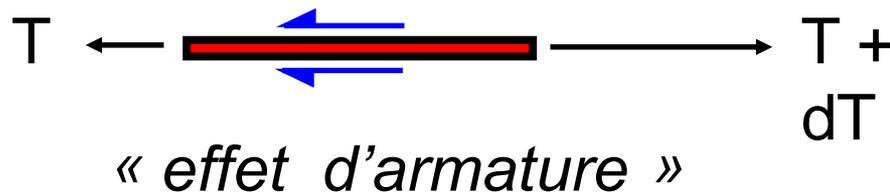


Fonction Renforcement

Les massifs de soutènement en sol renforcé, une autre application majeure des géosynthétiques



Mais comment ça marche ?



(NAUE)

Démontré sur *M6* ! ... par Ph.Delmas et J.P. Gourc



Sable humide non renforcé



Sable humide renforcé



Rupture d'un massif renforcé modèle en Centrifugeuse

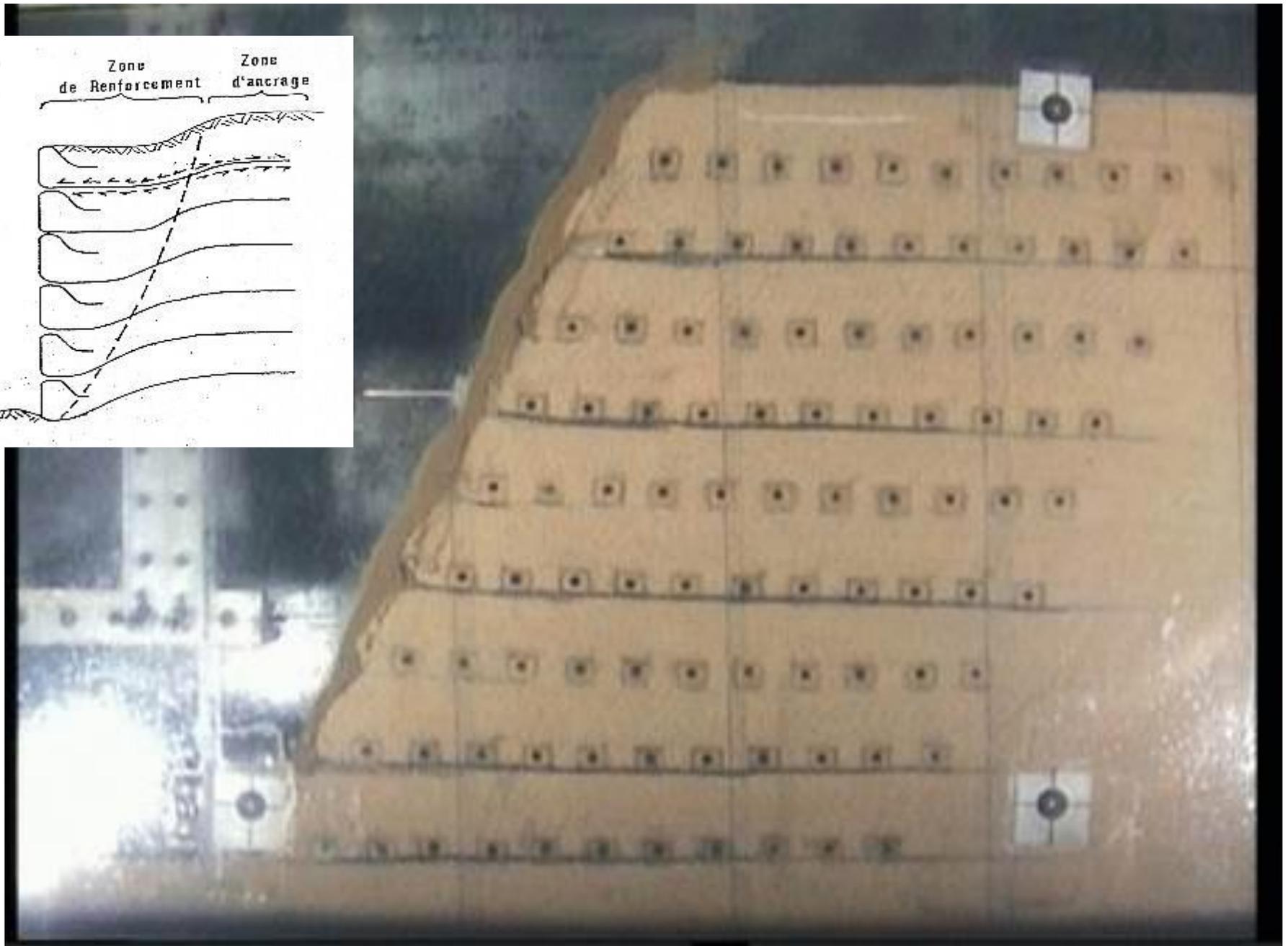
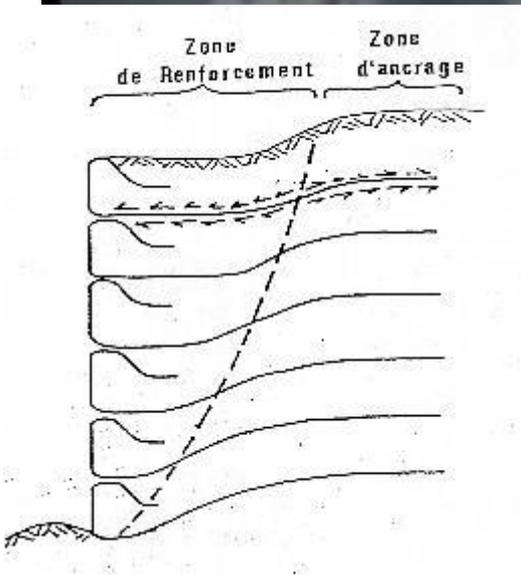


(B.V.S., Mumbai)



(Zornberg)

Rupture d'un massif renforcé modèle en Centrifugeuse



Des massifs en sol renforcé spectaculaires (Foix, H=21m)



1993

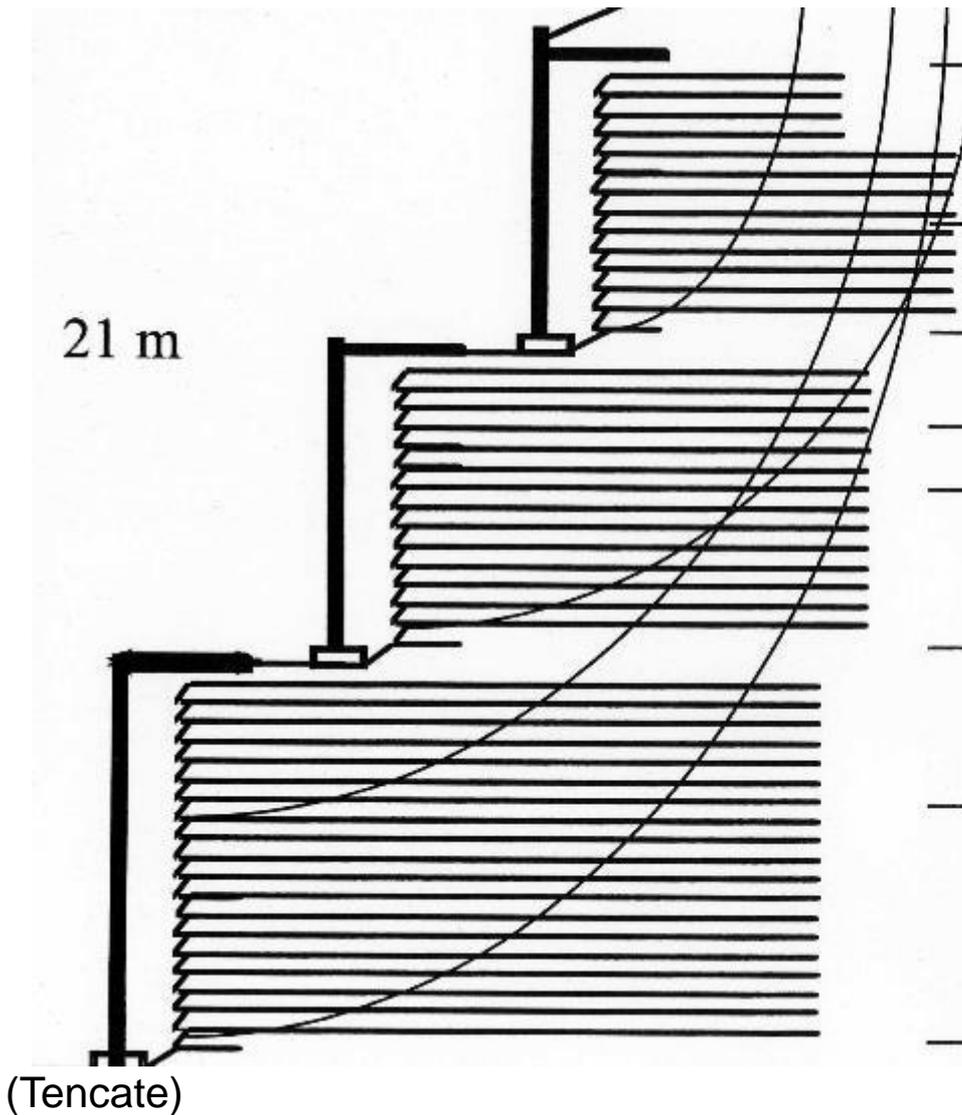


2016

(Tencate)

Dimensionnement du massif en sol renforcé de Foix :

modulation des caractéristiques du Géosynthétique avec la hauteur



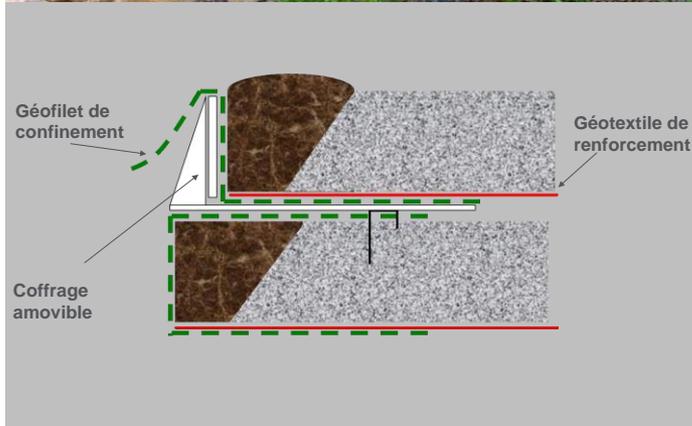
Zone	T_{f0} (kN/m)	J(kN/m)	ΔH (m)
	Traction max	Raideur	Espacement
7	50	500	0.40
6	75	750	0.40
5	100	1000	0.40
4	150	1500	0.40
3	200	2000	0.40
2	300	3000	0.30
1	400	4000	0.30

Une grande variété de techniques

Parement cellulaire



Parement végétalisé



Parement Ecailles béton + bandes géosynthétiques



Une grande variété d'applications

Culées de pont



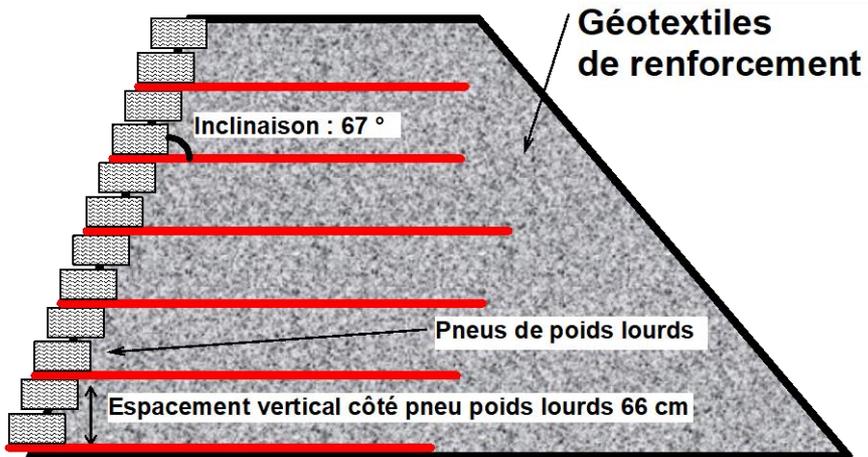
(Ph.Delmas)



(Huesker)

Une grande variété d'applications

Merlons de protection contre les chutes de blocs

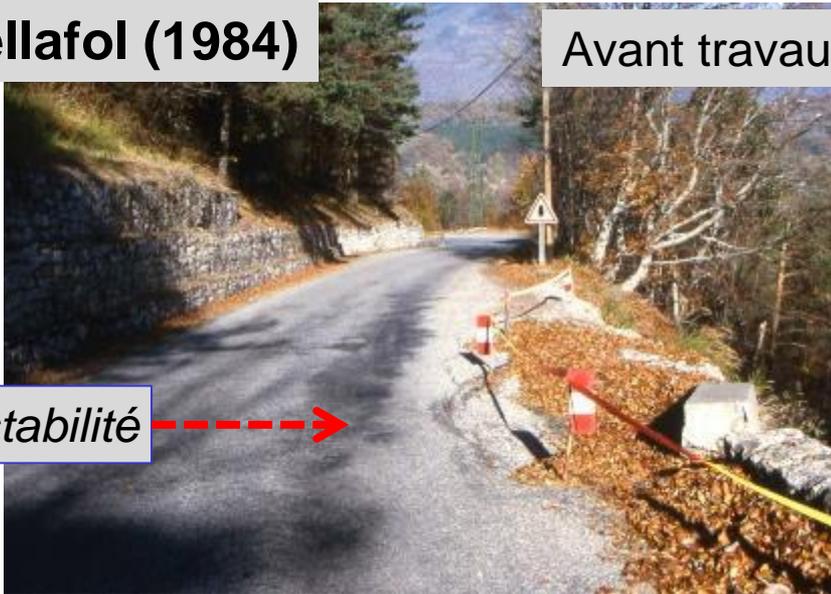


Retour sur des anciens ouvrages !

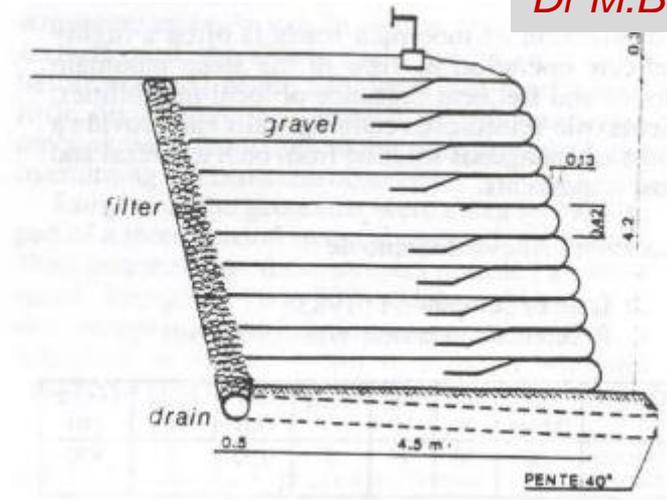
Dr M. Bordairon

Pellafol (1984)

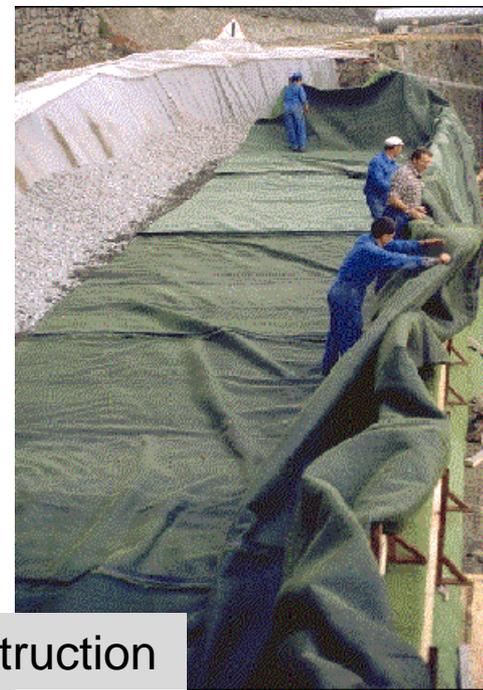
Avant travaux



instabilité



Fin de Construction



Construction

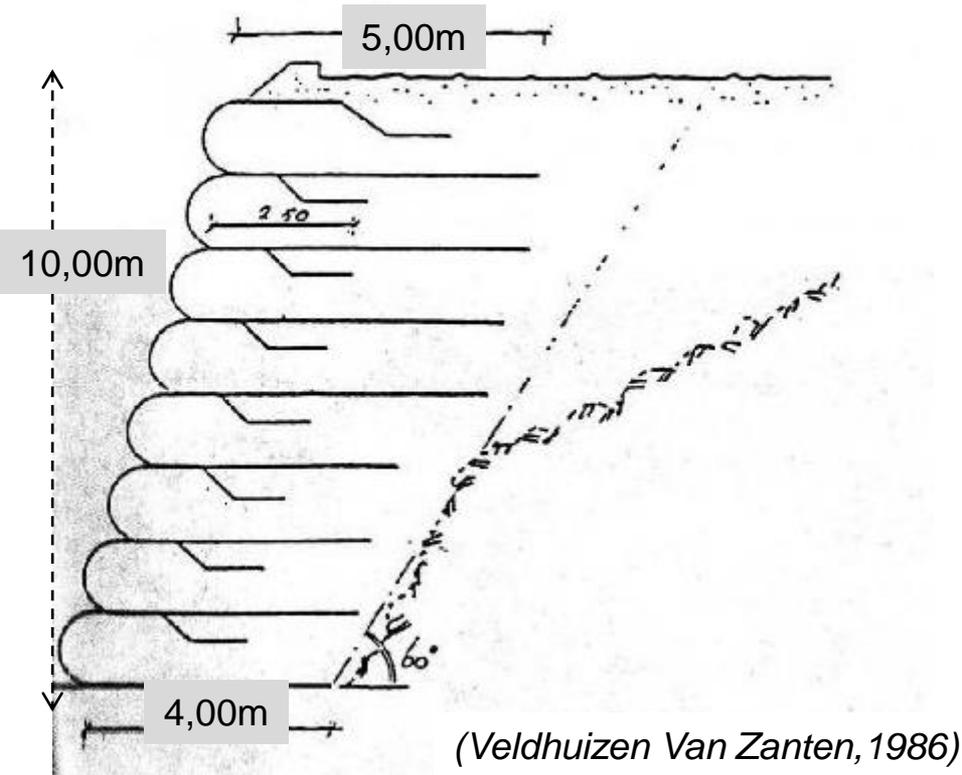
Le massif en géotextile , 30 ans après

Il est remarquable d'observer en 2014 que les fissures sur la chaussée , présentes en amont (mur en pierre) et en aval s'arrêtent au droit du massif en sol renforcé par géotextile.



Le massif de Prapoutel de 1882

Cet ouvrage est resté pendant 30 ans sans protection réelle de son parement, Parement très exposé (soleil, température)



« Retour sur les ouvrages anciens »
(JPGourc-Ph.Delmas)



**Et je ne vous ai pas tout montré, ...
Mais venez assister à la Session 6
après demain !**