



PROGETTO RITA / PROJET RITA

Risposta Impatti Tempesta Alex / *Reponse Impacts Tempete Alex*

CONFERENCE FINALE / CONFERENZA FINALE
25.05.2023

Impact d'une crue extrême sur la stabilité et l'intégrité du système d'étanchéité par géomembrane d'une retenue d'eau / **Impatto di un'alluvione estrema sulla stabilità e integrità del sistema di impermeabilizzazione a geomembrana di un bacino idrico**

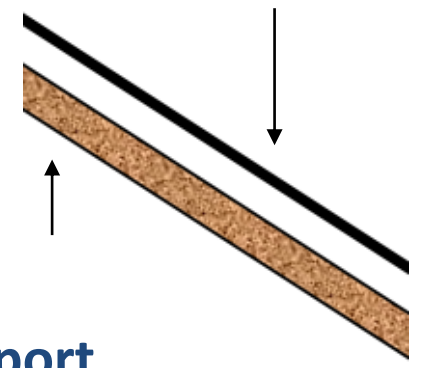
Guillaume STOLTZ, Julien AUBRIET, Faustine BYRON



Sollicitations étudiées en fonction du type de dispositifs d'étanchéité par géomembrane (DEG)
Azioni studiate in funzione della tipologia del sistema di impermeabilizzazione a geomembrana (SIG)

DEG avec géomembrane exposée (ou DEG semi recouvert)
SIG strato di pietra nella parte superiore della diga

Géomembrane (GM)
Geomembrana (GM)

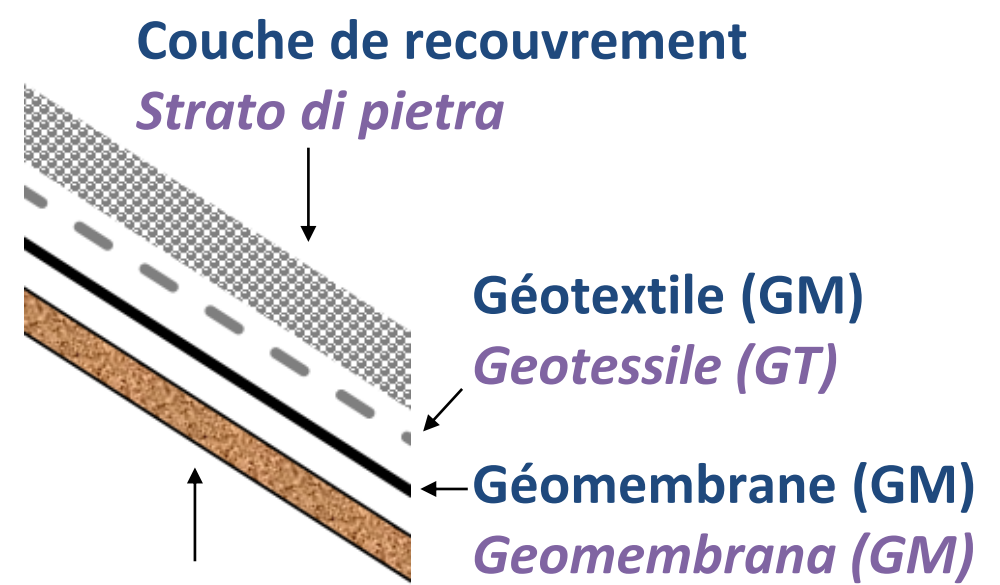


Sol support
Terreno di appoggio



Retenue Grantesta (photo G.Stoltz)
Dighe in alta quota Grantesta (Foto G.Stoltz)

DEG avec couche granulaire de protection (ou DEG semi recouvert)
SIG con strato di protezione granulare



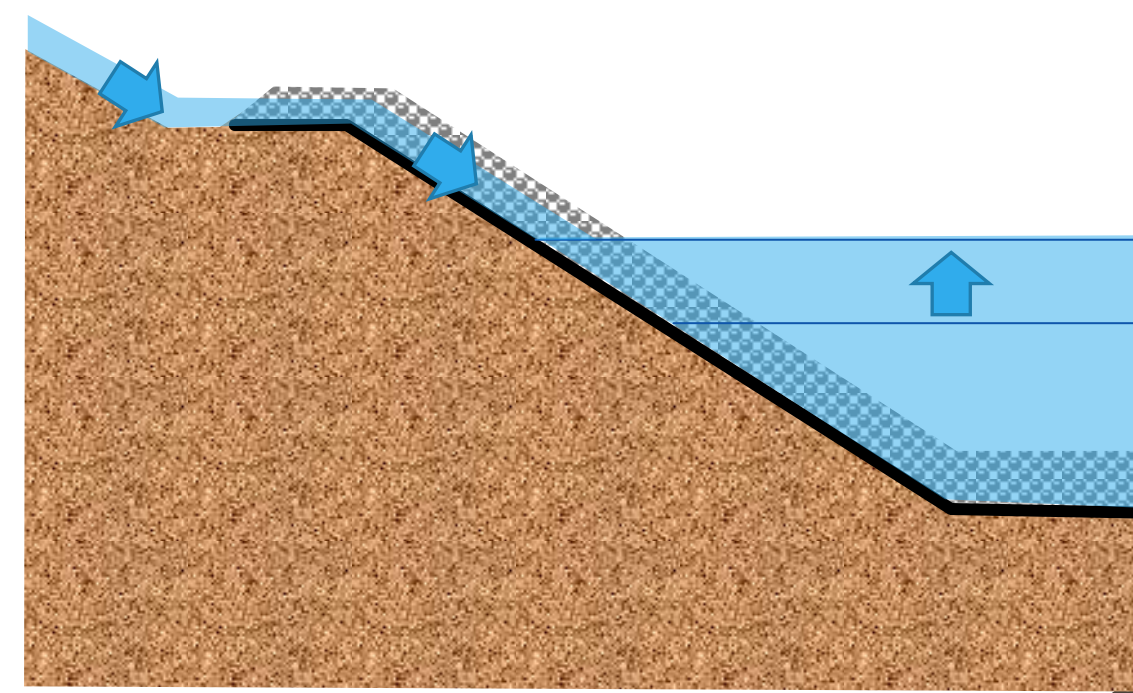
Sol support
Terreno di appoggio



Retenue Méribel-Mottaret (photo G.Stoltz)
Dighe in alta quota Méribel-Mottaret (Foto G.Stoltz)



Chargement exceptionnel: matériau impactant provenant par exemple d'un charriage / Carico eccezionale: materiale d'urto proveniente ad esempio del torrente

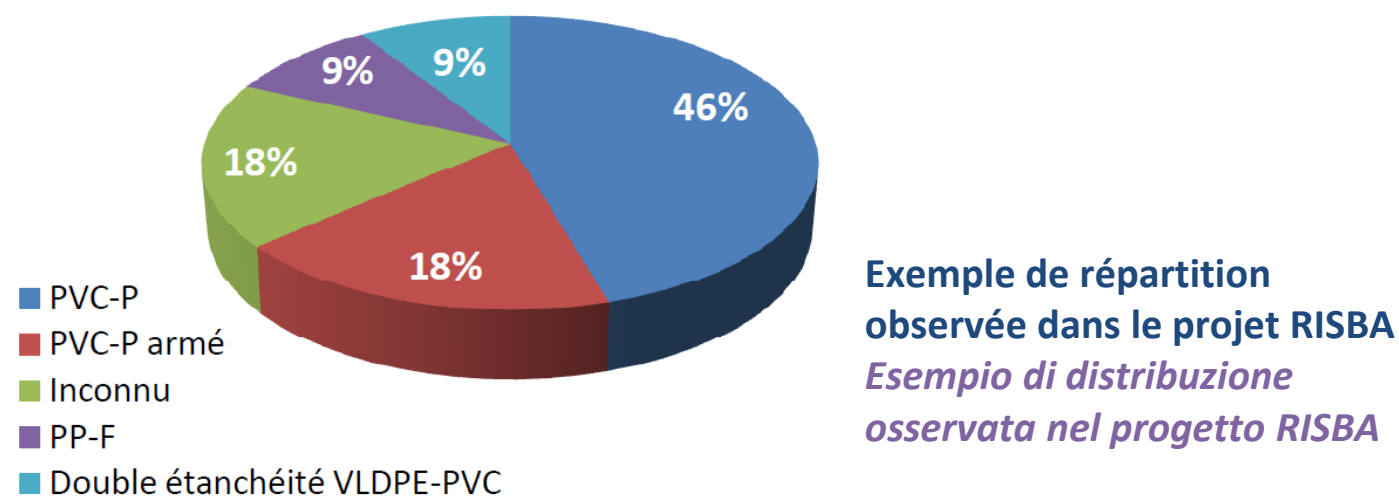


Chargement exceptionnel: remplissage rapide / Carico eccezionale: riempimento veloce

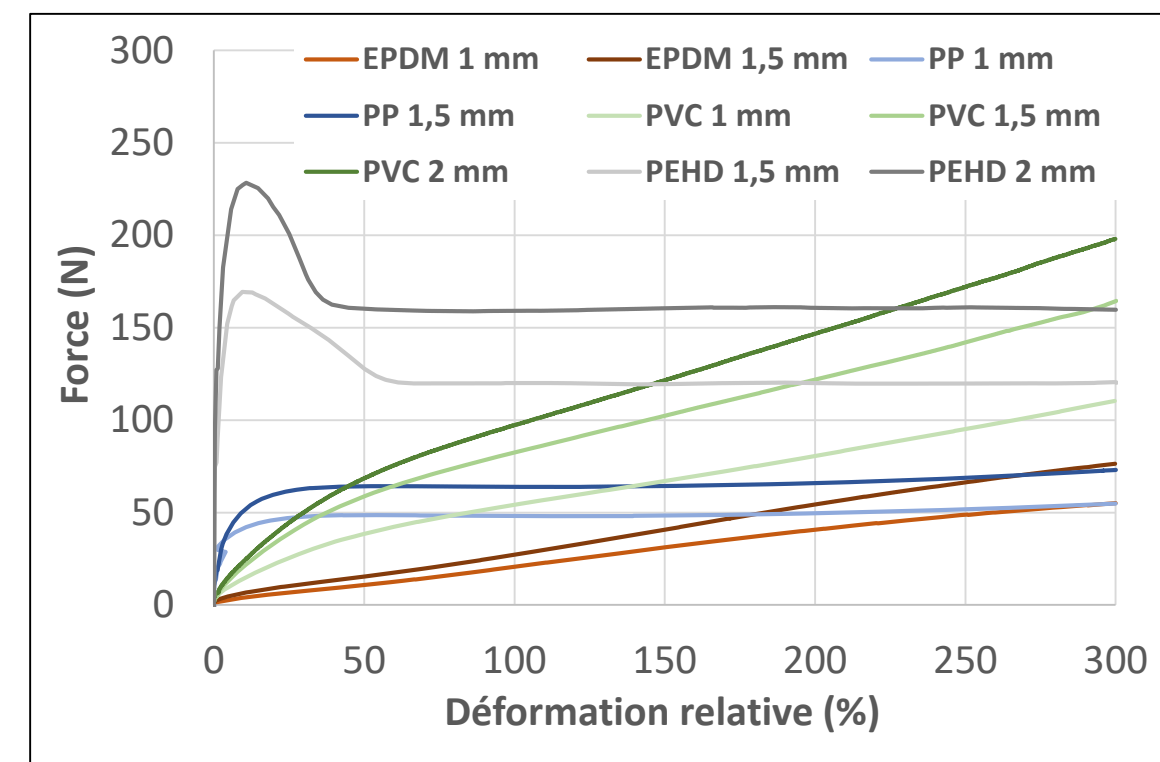
Résistance des géomembranes face aux impacts de blocs : état des connaissances

Resistenza delle geomembrane all'urto della pietra: stato delle conoscenze

Les géomembranes installées dans les retenues d'altitude peuvent être de nature très différentes
Le geomembrane installate nelle dighe ad alta quota possono essere di natura molto diversa



Le comportement mécanique des géomembranes est très différent selon leur nature
Il comportamento meccanico delle geomembrane è molto diverso a seconda della loro natura



Courbes de traction / *Curve di trazione*

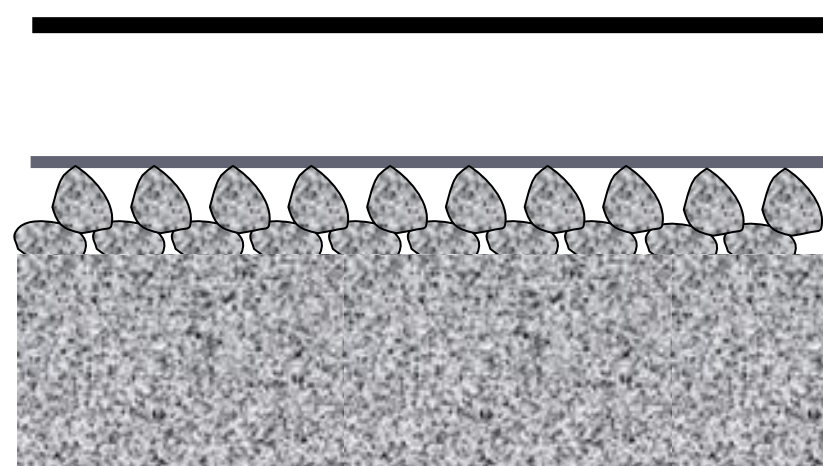
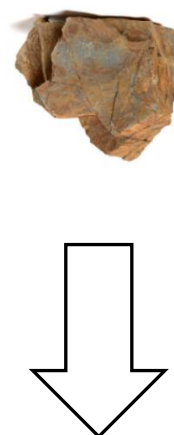
Les géomembranes sont caractérisées par différents essais index: épaisseur/masse surfacique, poinçonnement statique, traction unidirectionnelle
Le geomembrane sono caratterizzate da diversi test standard: spessore/massa superficiale, punzonamento statico, trazione unidirezionale

Dans les ouvrages hydrauliques, les géomembranes ne sont pas dimensionnées vis-à-vis des impacts de blocs mêmes lorsqu'elles sont exposées
Nelle strutture idrauliche le geomembrane non sono dimensionate rispetto agli urti dei blocchi anche quando sono esposti

Développement d'un essai de performance de simulation d'impact sur DEG et mise en relation avec les propriétés intrinsèques de la géomembrane

Sviluppo di un test di performance di simulazione d'impatto su SIG e la sua relazione con le proprietà intrinseche della geomembrana

Essai de performance
Test di performance



Géomembrane
Geomembrana

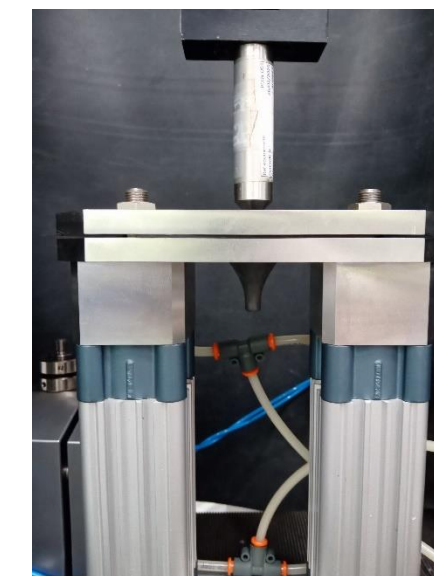
Géosynthétique de protection
Geosintetico protettivo

Couche support 0-31,5mm
Substrato 0/31.5mm

Recherche d'une corrélation
Ricerca di una correlazione



Essais index sur géomembrane seule
Test standard sulla sola geomembrana



Poinçonnement statique
Punzonamento statico



Traction unidirectionnelle
Trazione unidirezionale

Perforation dynamique
Perforazione dinamica

Description du nouvel essai de performance de simulation d'impact sur DEG

Descrizione del nuovo test di performance di simulazione d'impatto su SIG

Résultat de l'essai

Risultato del test

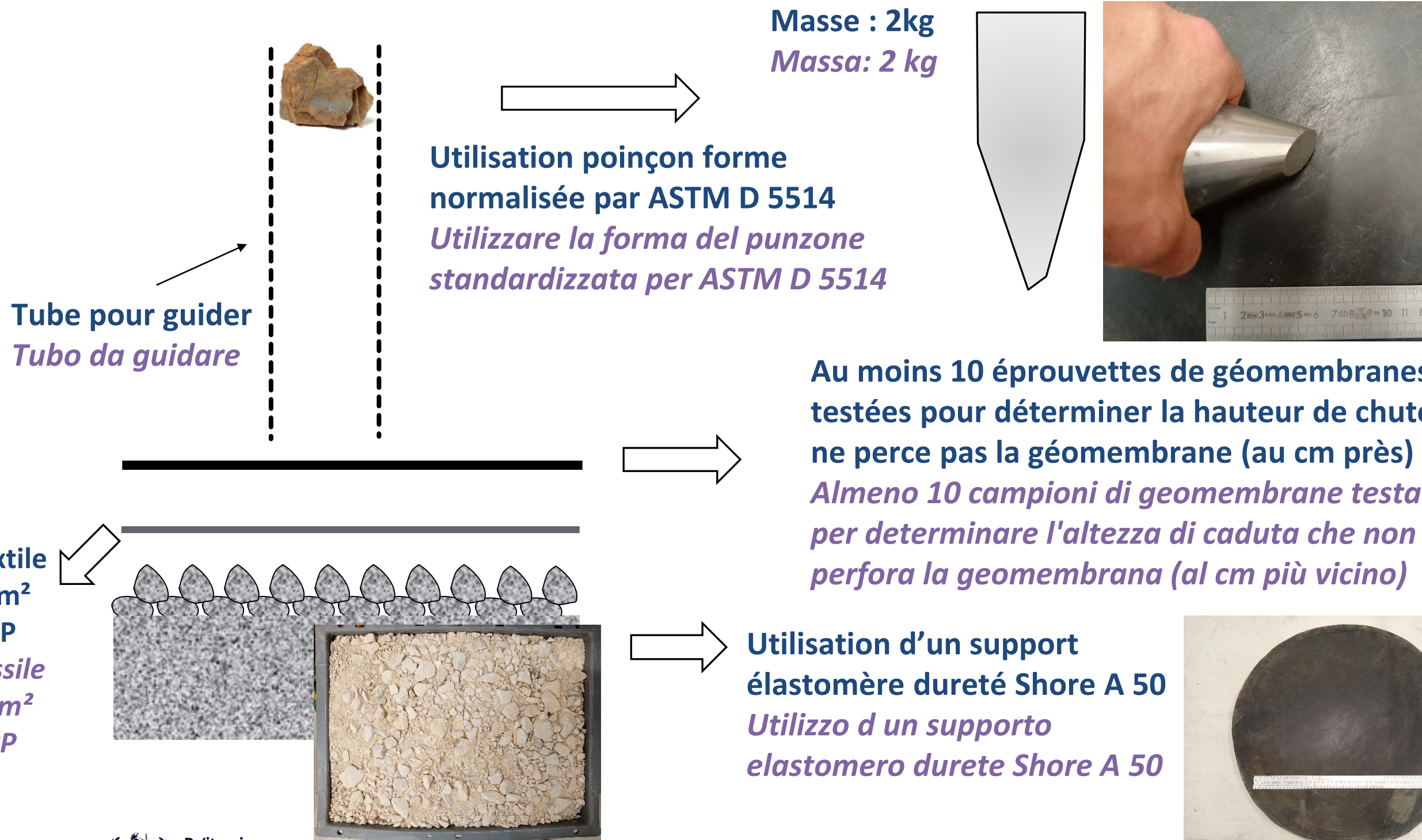
Le résultat du test est la hauteur limite de chute pour laquelle la géomembrane n'est pas percée

Il risultato del test è l'altezza limite di caduta per la quale la geomembrana non viene perforata



Illustration d'une géomembrane percée

Illustrazione di una geomembrana perforata

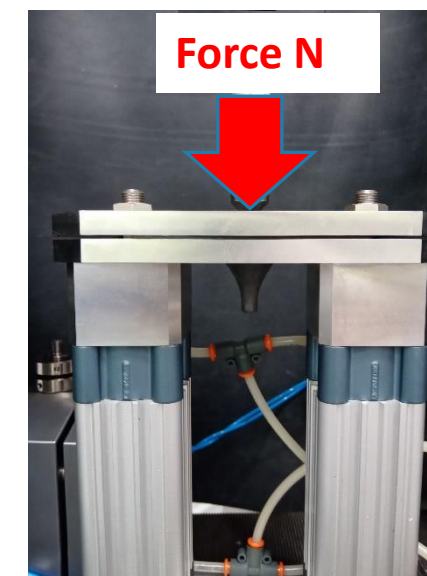
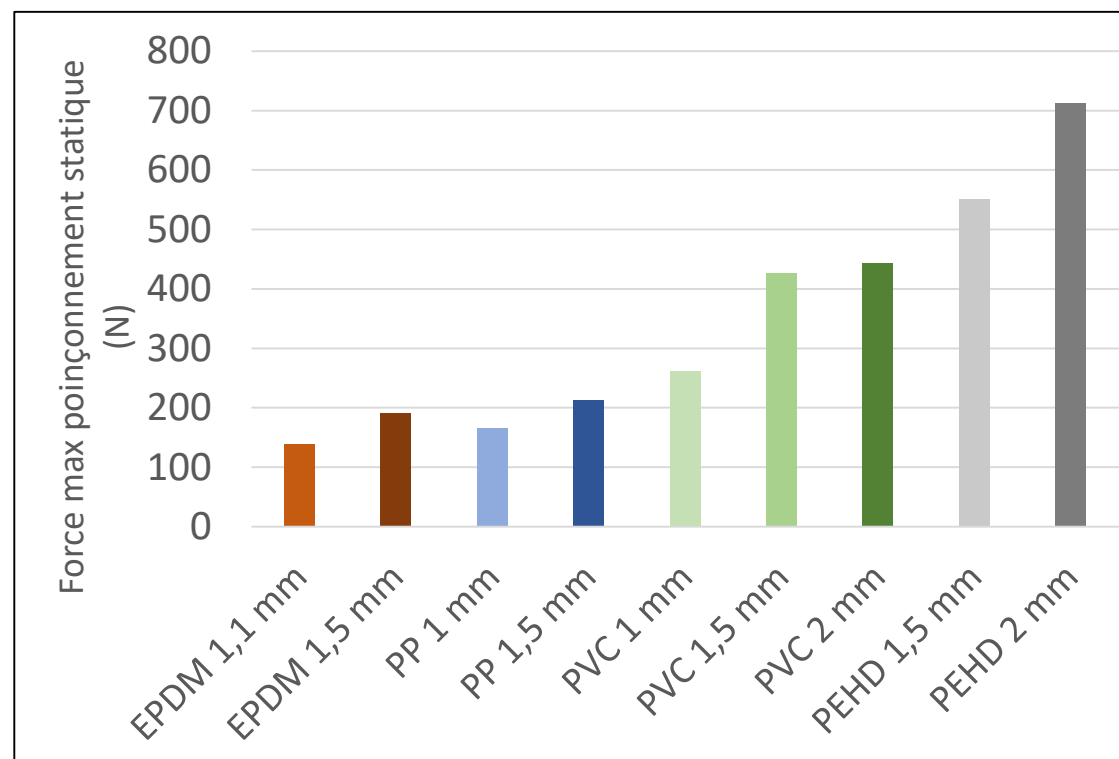
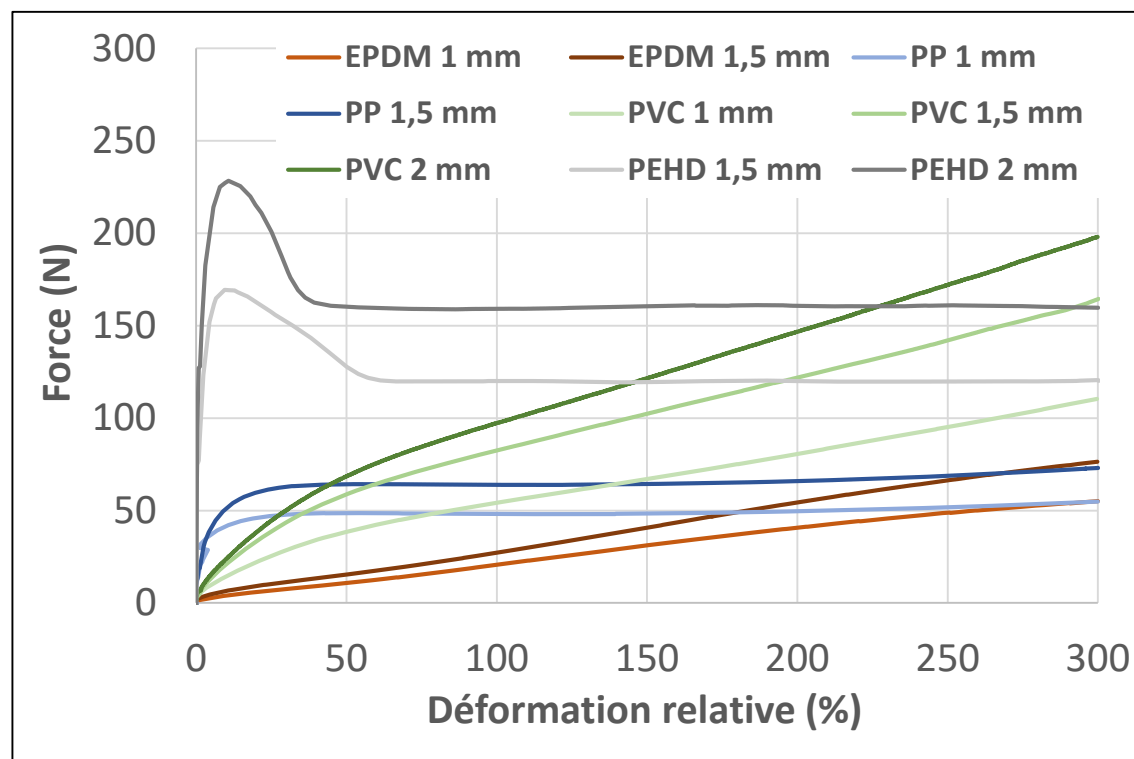


Caractéristiques mécaniques des différentes géomembranes testées

Caratteristiche meccaniche delle diverse geomembrane testate



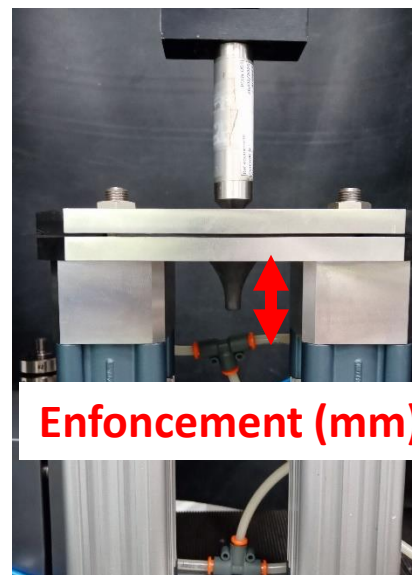
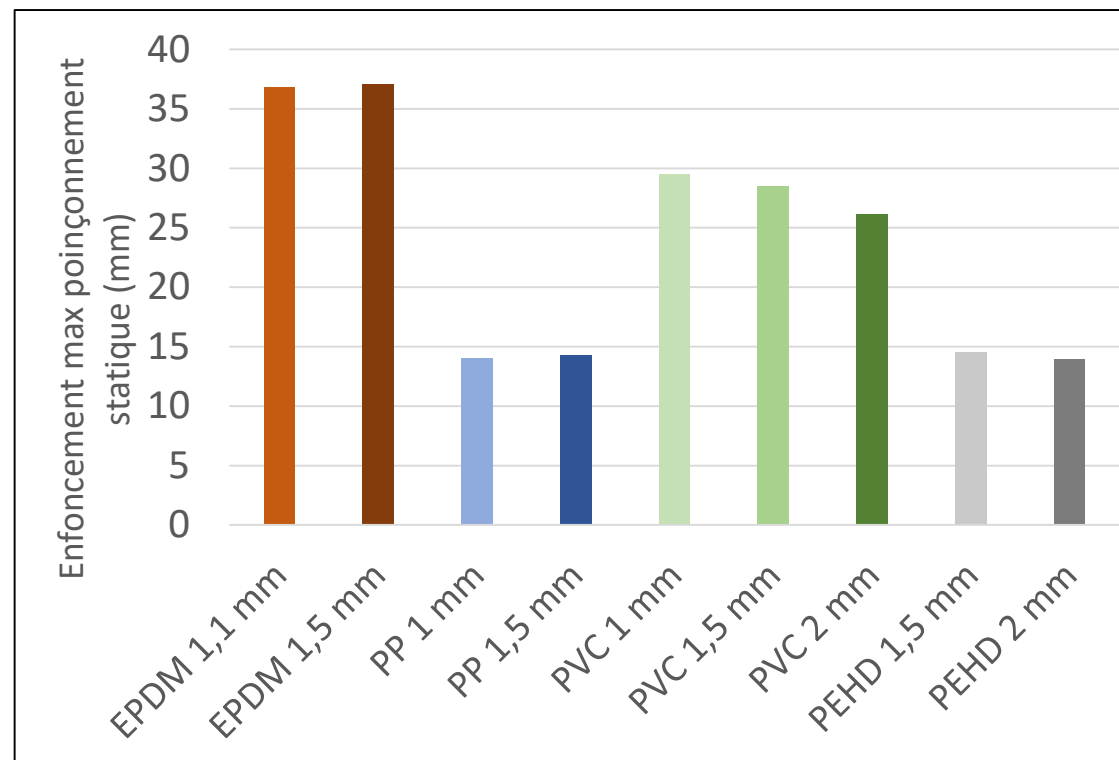
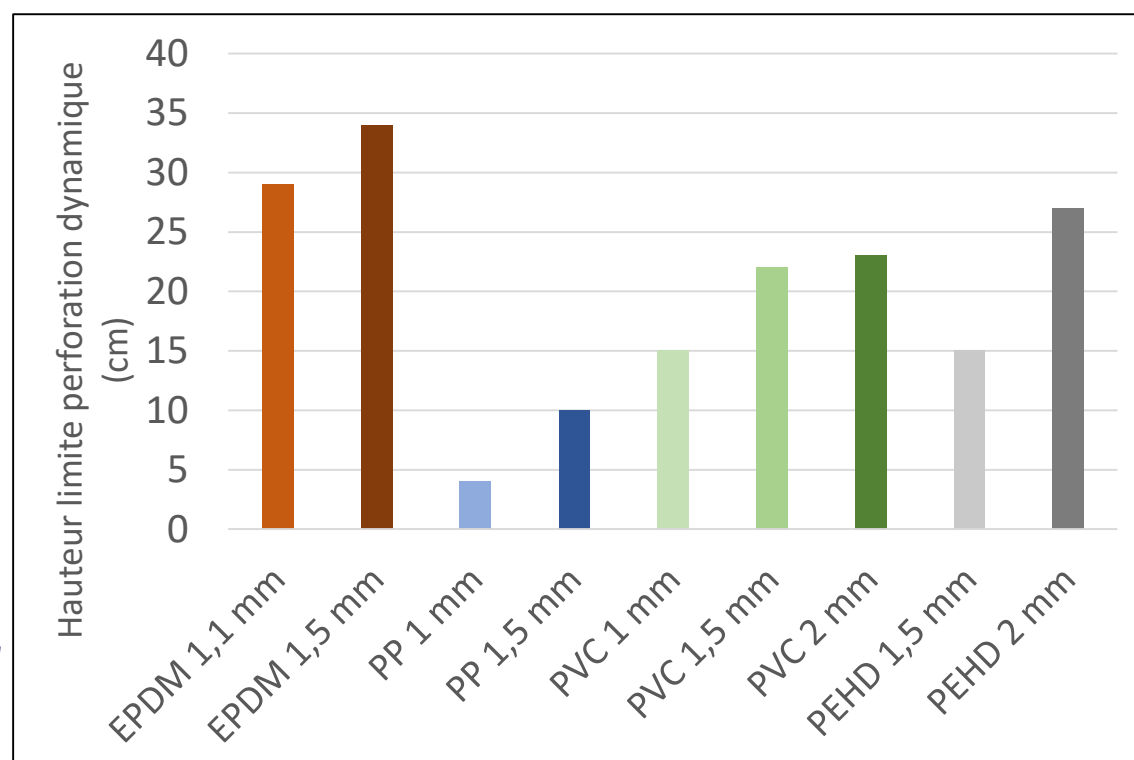
Traction unidirectionnelle
Trazione unidirezionale



Poinçonnement statique
Punzonamento statico



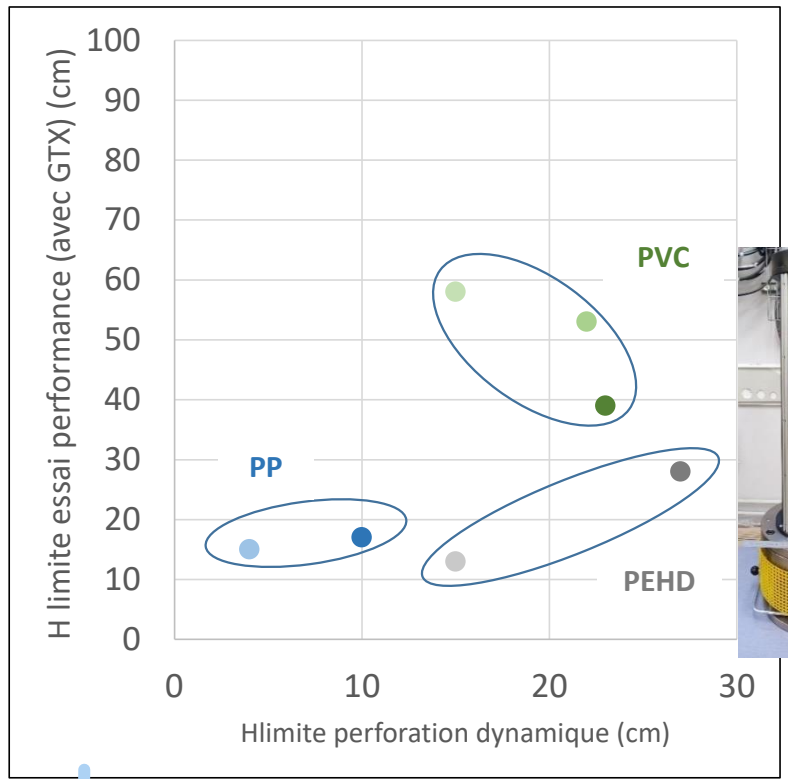
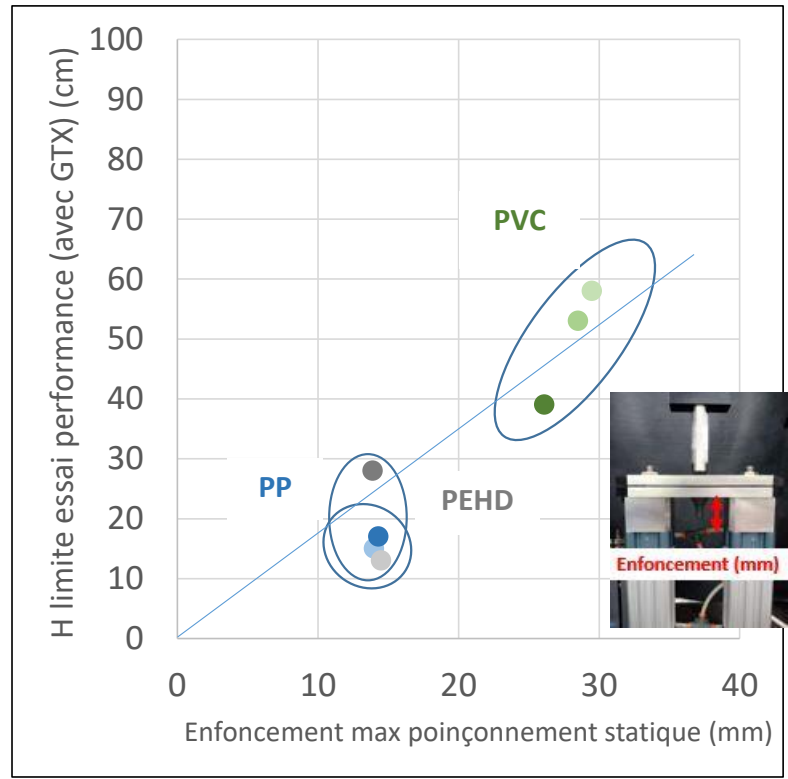
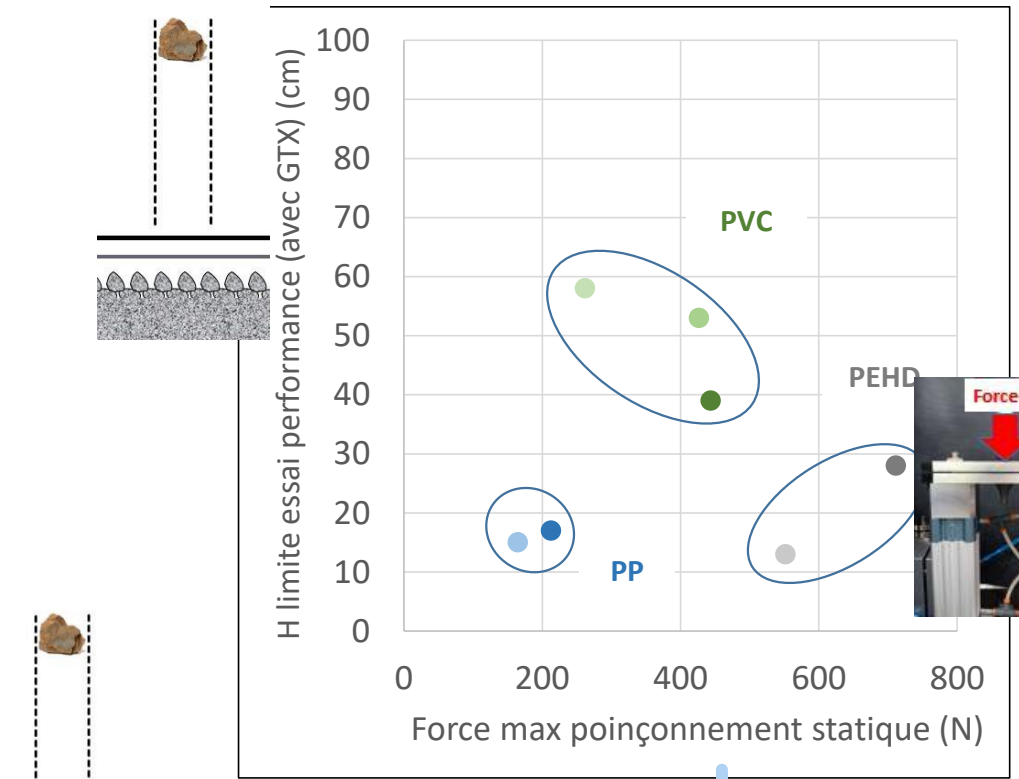
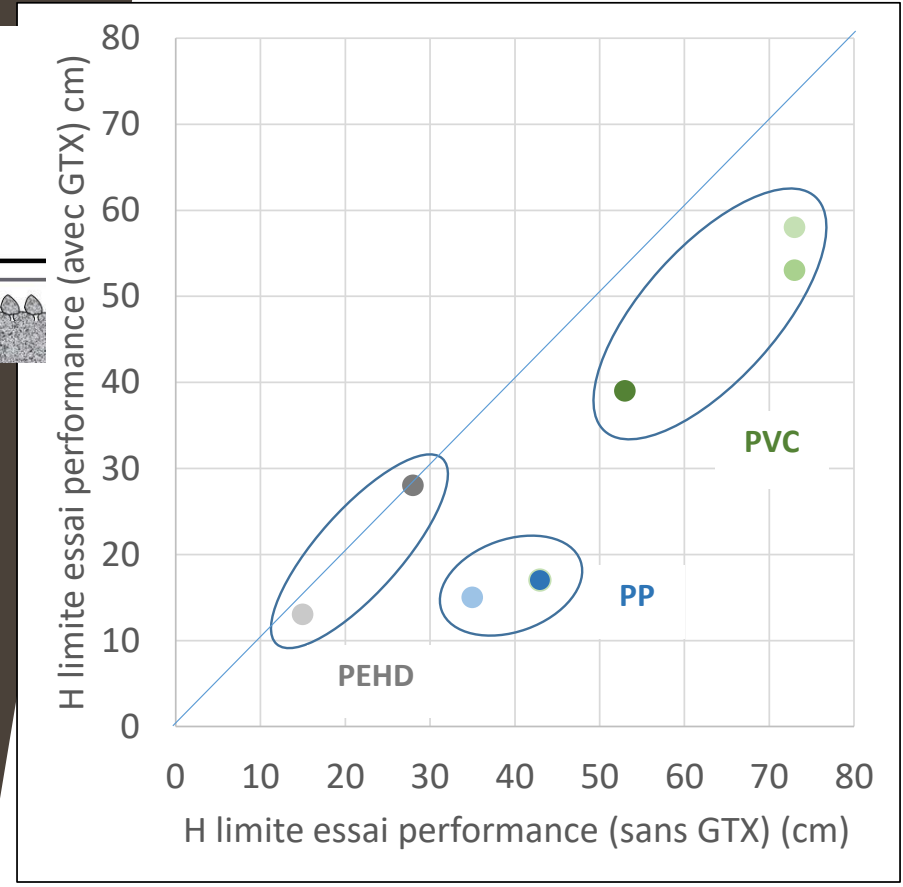
Perforation dynamique
(procédure adaptée de la norme EN ISO 13433)
Perforazione dinamica
(procedura adattata da EN ISO 13433)



Poinçonnement statique
Punzonamento statico

Résultats issus de la campagne expérimentale

Risultati della campagna sperimentale



La valeur d'enfoncement issue du poinçonnement statique donne une bonne évaluation de la résistance de la géomembrane face aux impacts de blocs
Il valore di spostare risultante dal punzonamento statico fornisce una buona valutazione della resistenza della geomembrana agli impatti con pietre

Le géotextile sous la géomembrane réduit la résistance de celle-ci face aux impacts de blocs quelle que soit sa nature (de la GMB)
Il geotessile sotto la geomembrana riduce la sua resistenza all'urto dei blocchi qualunque sia la sua natura (dal GMB)

Les géomembranes EPDM sont les plus résistantes face aux impacts de blocs
Le geomembrane in EPDM sono le più resistenti agli impatti con pietre



GMB EPDM intacte vs GTX percé
GMB EPDM intatto vs GTX con fori

Conclusions et recommandations

Conclusions et Recommendations

- La présence d'un géotextile (sous la géomembrane) diminue la résistance de la géomembrane face aux impacts de blocs. Dans le cas d'une géomembrane exposée, il est important de bien dimensionner le géotextile sous la géomembrane (une masse surfacique importante n'est pas synonyme de meilleure performance globale du DEG)
- *La presenza di un geotessile (sotto la geomembrana) diminuisce la resistenza della geomembrana agli impatti di blocco. Nel caso di una geomembrana esposta, è importante dimensionare correttamente il geotessile sotto la geomembrana (una grande massa superficiale non è sinonimo di migliori prestazioni SIG complessive)*
- La valeur de l'enfoncement de l'essai index poinçonnement statique donne une bonne évaluation de la résistance de la géomembrane face aux impacts de blocs
- *Il valore di spostamento della prova di puntura statica standard fornisce una buona valutazione della resistenza della geomembrana agli impatti con pietre*
- L'essai de performance développé ainsi que la campagne d'essais a permis de classier la résistance des géomembranes face aux impacts de blocs en fonction de leur nature (l'épaisseur des géomembranes n'est pas le paramètre prépondérant). Classement des moins résistantes aux plus résistantes : GMB PEHD, PP, PVC, EPDM
- *Il test prestazionale sviluppato così come la campagna di prove hanno permesso di classificare la resistenza delle geomembrane agli urti in base alla loro natura (lo spessore delle geomembrane non è il parametro preponderante). Classificazione dal meno resistente al più resistente: GMB HDPE, PP, PVC, EPDM*
- Ces résultats contribuent aux choix du DEG et de son dimensionnement: nature de la géomembrane avec une configuration «exposée» ou «protégée par une couche granulaire»
- *Questi risultati concorrono alle scelte del SIG e al suo dimensionamento: natura della geomembrana con configurazione "esposta" o "protetta da uno strato granulare".*

Effet de l'eau sur la stabilité du DEG : état des connaissances

Effetto dell'acqua sulla stabilità del GIS: stato delle conoscenze

Le dimensionnement du DEG vis à vis de la stabilité de la couche granulaire de recouvrement se fait selon la norme NF P 38067 en conditions sèches uniquement (la norme suit les eurocodes)

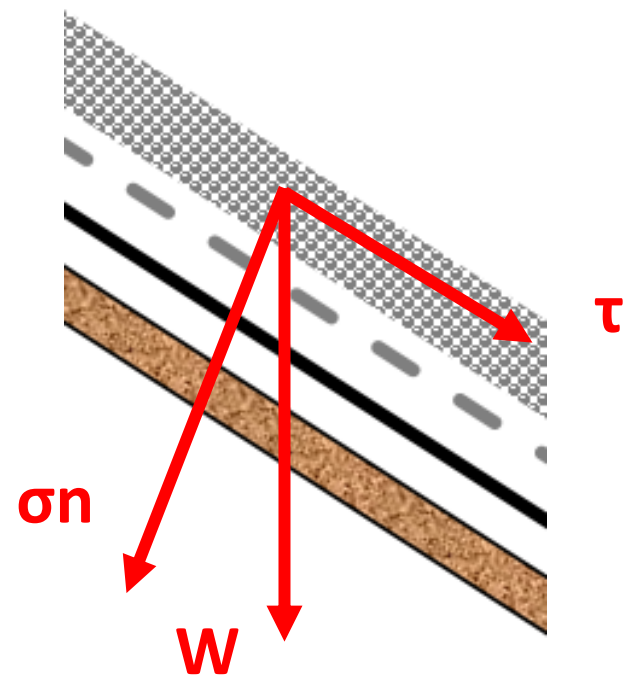
Il dimensionamento del DEG rispetto alla stabilità dello strato di copertura granulare viene effettuato secondo lo standard NF P 38067 solo in condizioni asciutte (lo standard segue gli Eurocodici)

Pour ce dimensionnement, il est nécessaire de connaître l'angle de frottement à chacune des interfaces couche granulaire – géosynthétiques ou entre deux géosynthétiques

Per questo dimensionamento è necessario conoscere l'angolo di attrito ad ogni interfaccia strato granulare - geosintetico o tra due geosintetici

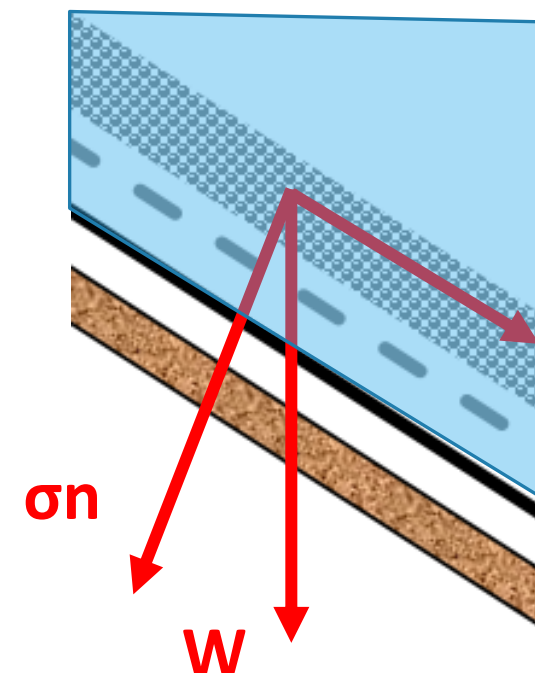
L'évaluation de la stabilité de la couche granulaire de protection dans le cas d'un chargement exceptionnel de type remplissage rapide par écoulement dans la couche granulaire nécessite l'évaluation des effets de l'eau sur l'angle de frottement d'interface

La stabilità dello strato granulare protettivo in caso di rapido riempimento per saturazione dello strato granulare richiede la conoscenza degli effetti dell'acqua sull'angolo di attrito dell'interfaccia

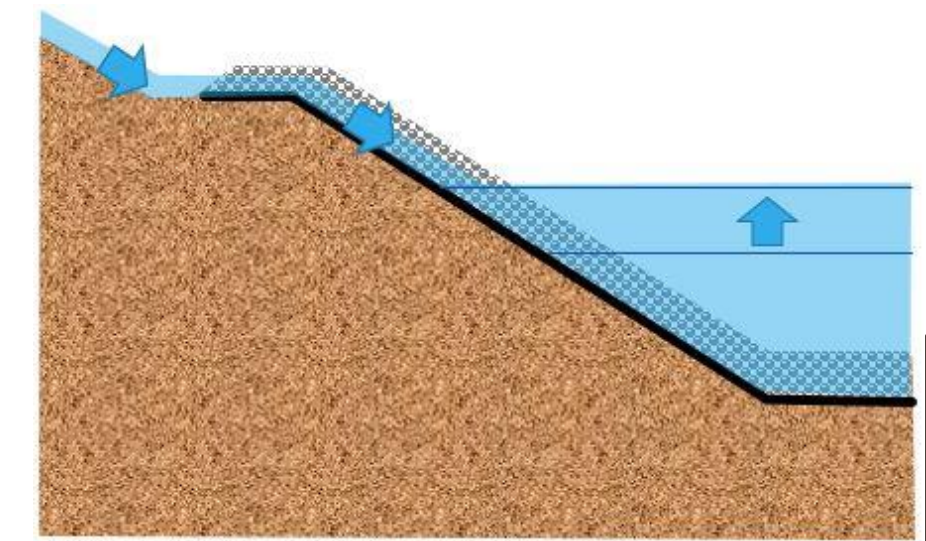


La résistance limite d'une interface est caractérisée par son angle de frottement d'interface ϕ :
 $\text{tg } \phi = \tau / \sigma_n$

La massima resistenza di un'interfaccia è caratterizzata dal suo angolo di attrito dell'interfaccia ϕ : $\text{tg } \phi = \tau_{\text{lim}} / \sigma_n$



$\tau_{\text{sat}} ?$
 $\phi = \phi_{\text{sat}} ?$



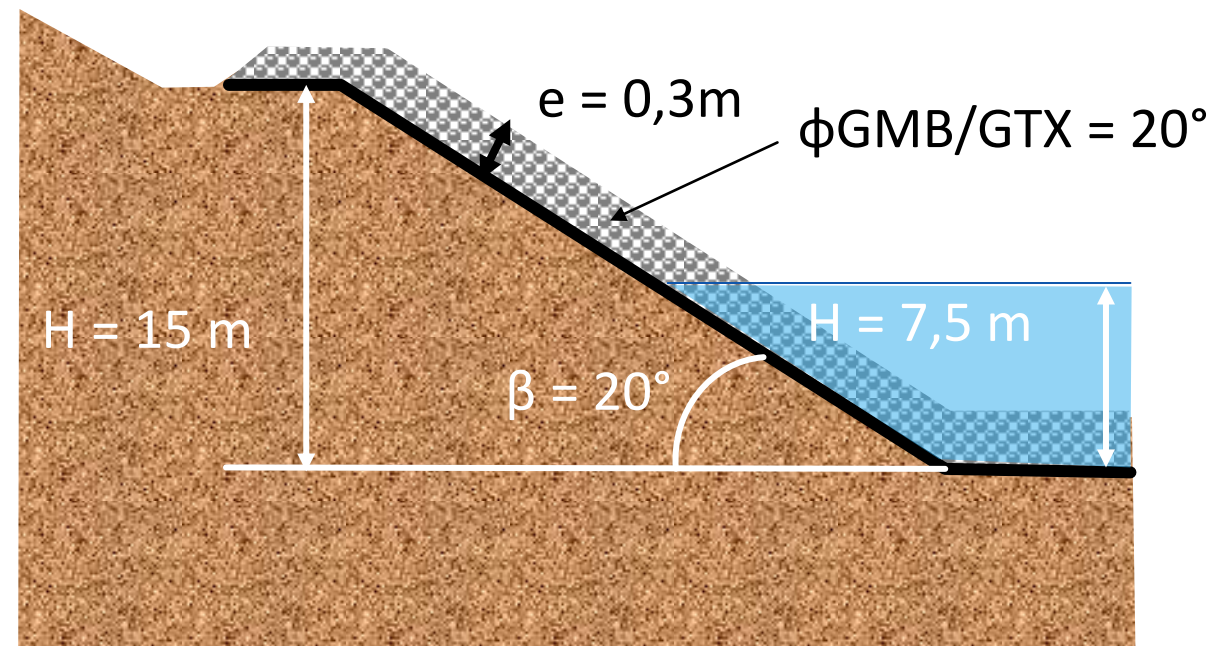
Exemple de déstabilisation de couche granulaire de protection en cas d'écoulement



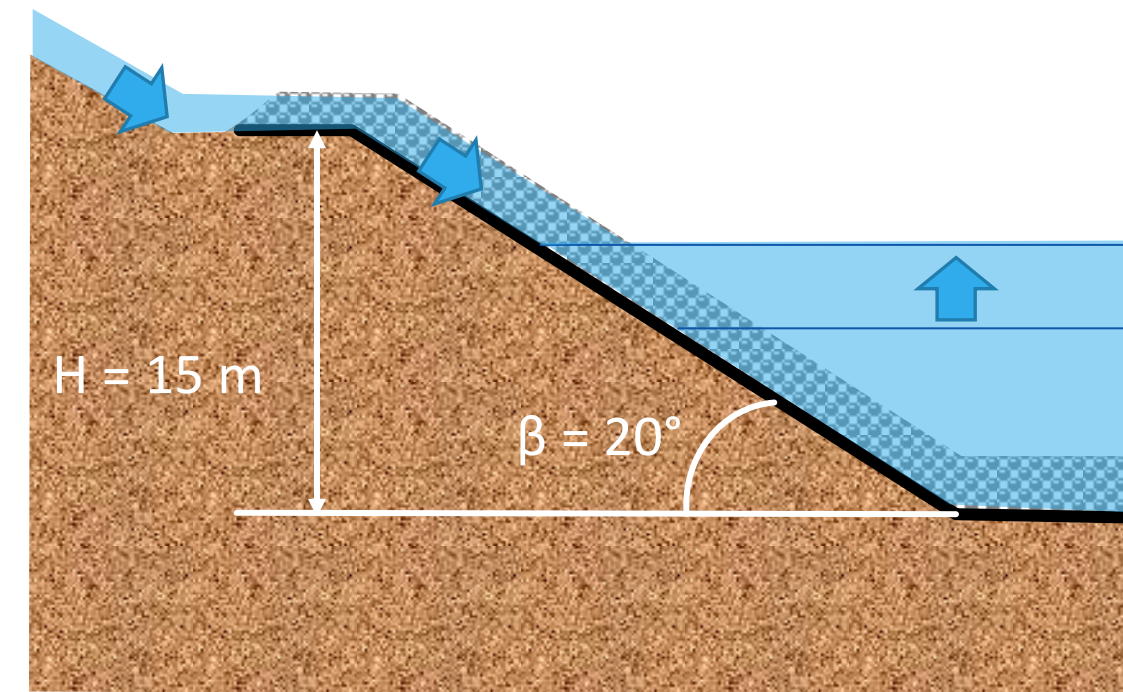
Interreg
ALCOTRA
Fonds européen de développement régional
Fondo europeo di sviluppo regionale



Esempio di destabilizzazione di uno strato granulare protettivo in caso di flusso



$$FS = Fr / Fm = 1$$



$$FS = Fr / Fm = 0,7$$

- En fonction des hypothèses considérées (notamment la hauteur initiale du plan d'eau et la hauteur d'eau en écoulement dans la couche granulaire de protection), la couche granulaire peut significativement être déstabilisée
- *A seconda delle ipotesi considerate (in particolare l'altezza iniziale del corpo idrico e l'altezza dell'acqua che scorre nello strato di protezione granulare), lo strato granulare può essere notevolmente destabilizzato*

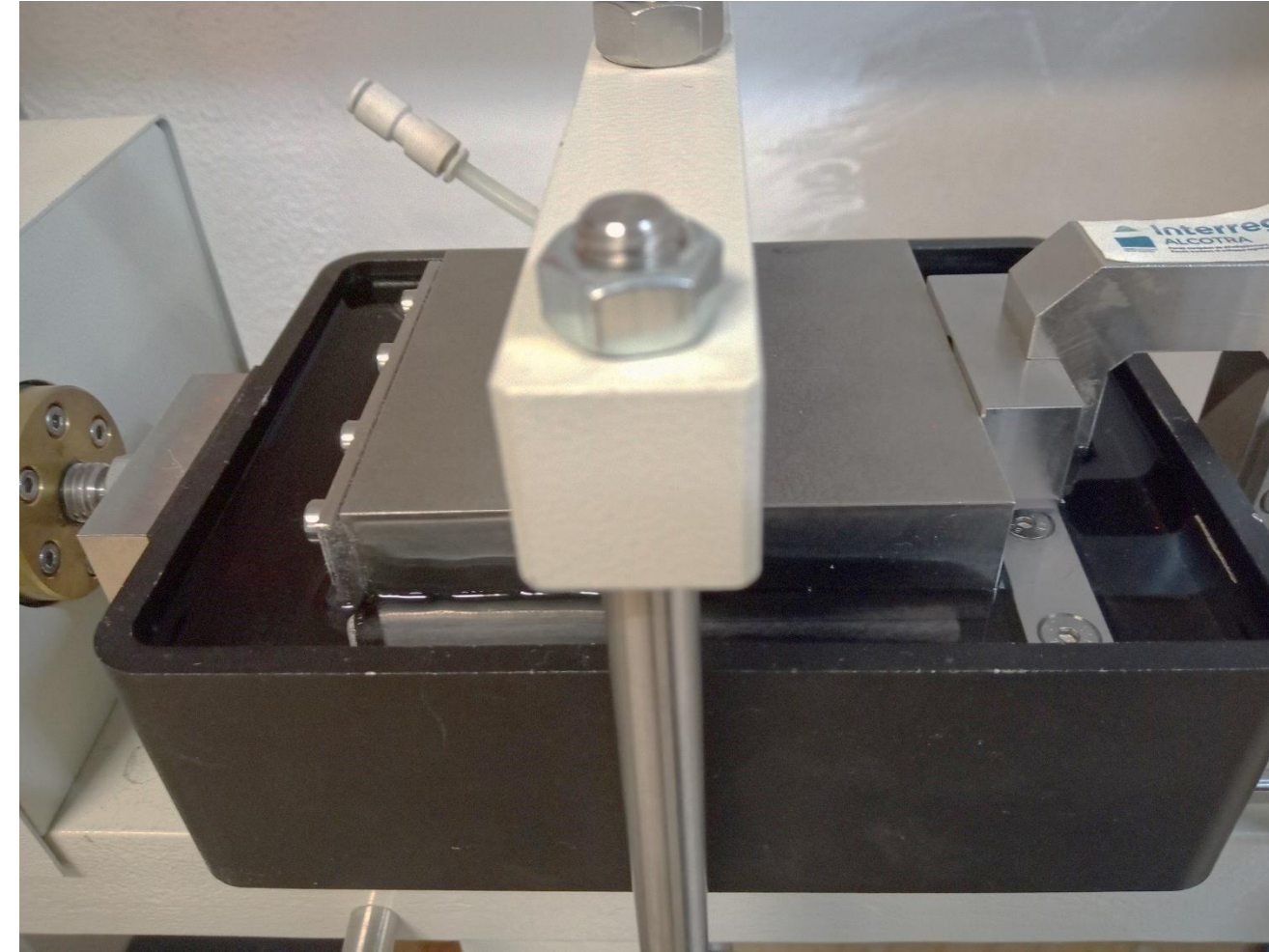
Nouveau banc d'essai pour évaluer les angles de frottement en conditions saturées

Nuovo banco di prova per valutare gli angoli di attrito in condizioni di saturazione



Dispositif d'essai de frottement d'interface en conditions sèches
Dispositivo di prova dell'attrito dell'interfaccia in condizioni asciutte

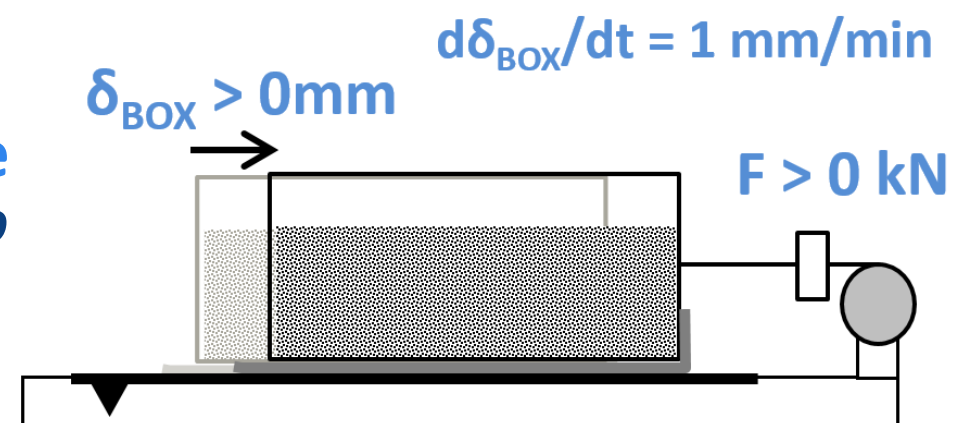
Surface de test : 30cmx30cm
Zona di prova: 30cmx30cm



Surface de test : 10cmx10cm
Zona di prova: 10cmx10cm

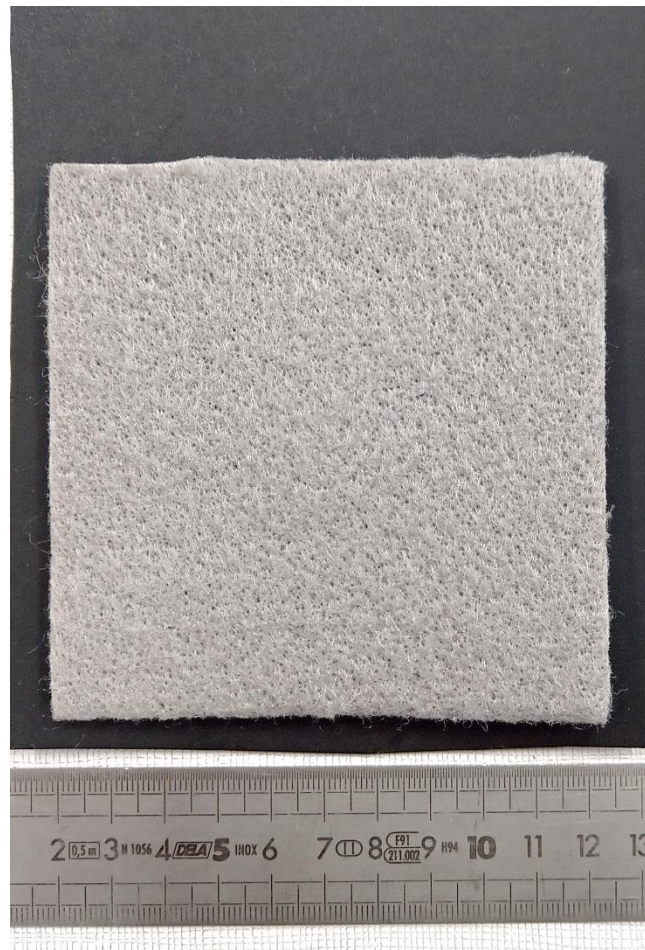
Dispositif d'essai de frottement d'interface en conditions saturées
Dispositivo di test di attrito dell'interfaccia in condizioni di saturazione

Principe
Principio



Test sur 16 interfaces Géotextiles/Géomembranes

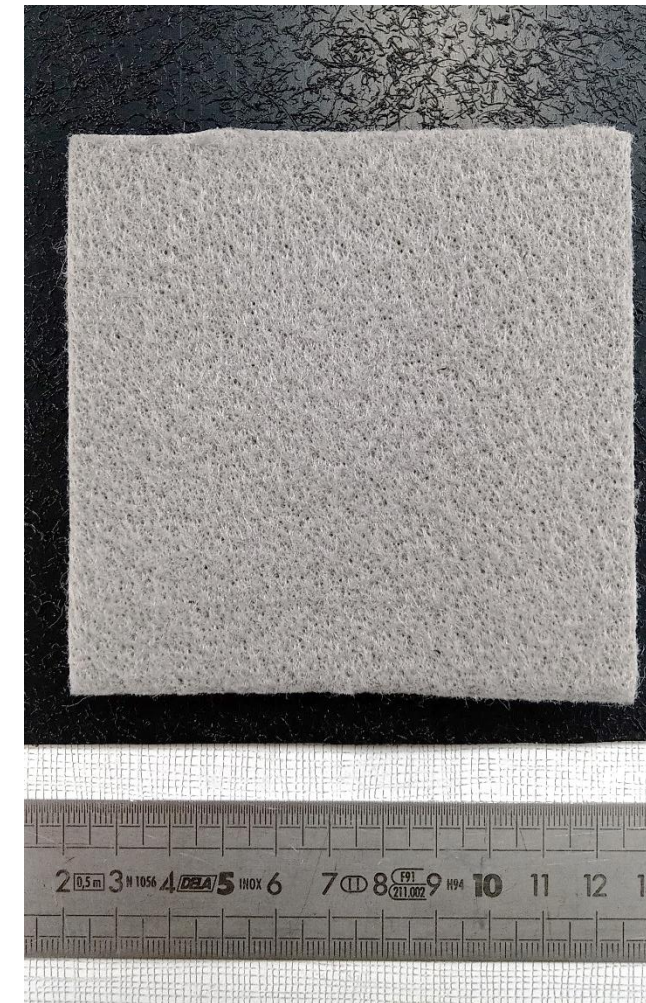
Test su 16 interfacce Geotessili/Geomembrane



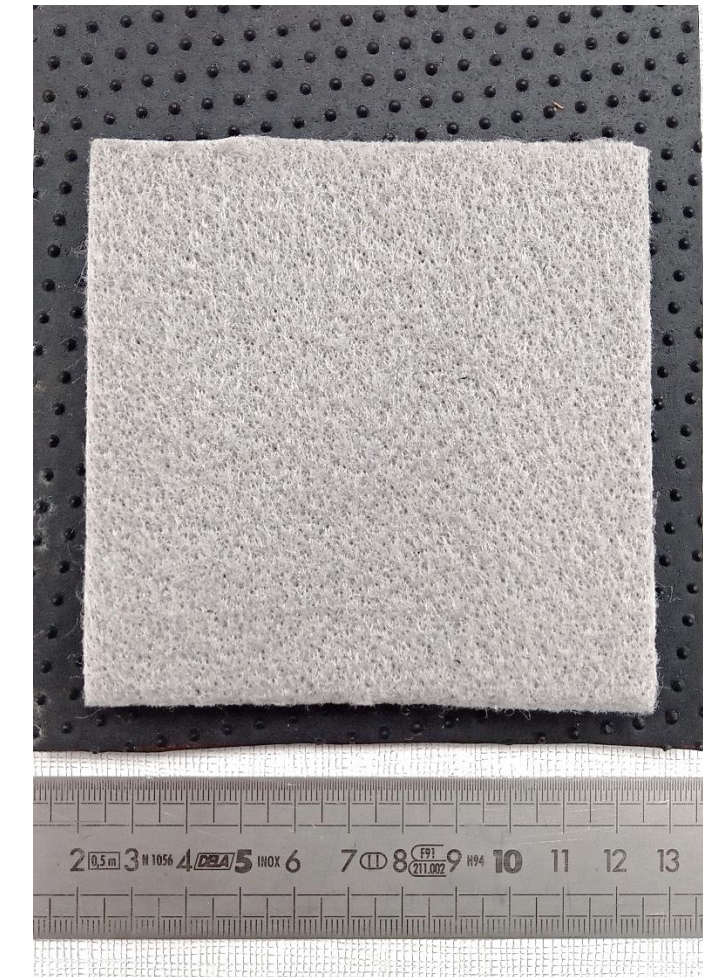
Interface géotextile de protection / géomembrane PEHD lisse
Interfaccia geotessile protettiva/geomembrana HDPE liscia



Interface géotextile de protection / géomembrane PP lisse
Interfaccia geotessile protettiva/geomembrana PP liscia



Interface géotextile de protection / géomembrane PEHD texturée
Geotessile protettivo/interfaccia geomembrana testurizzata in HDPE

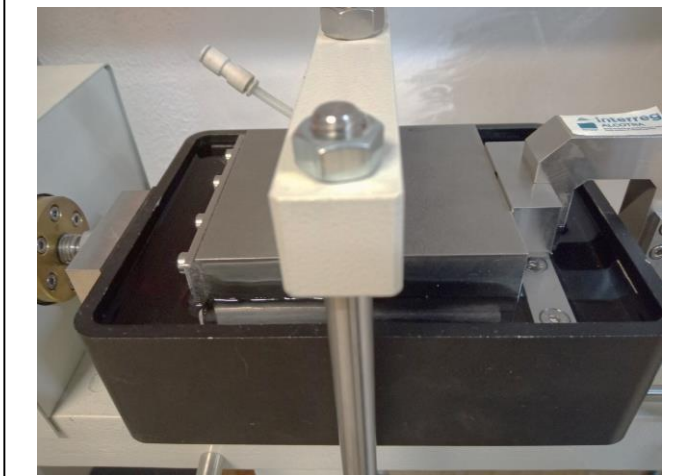
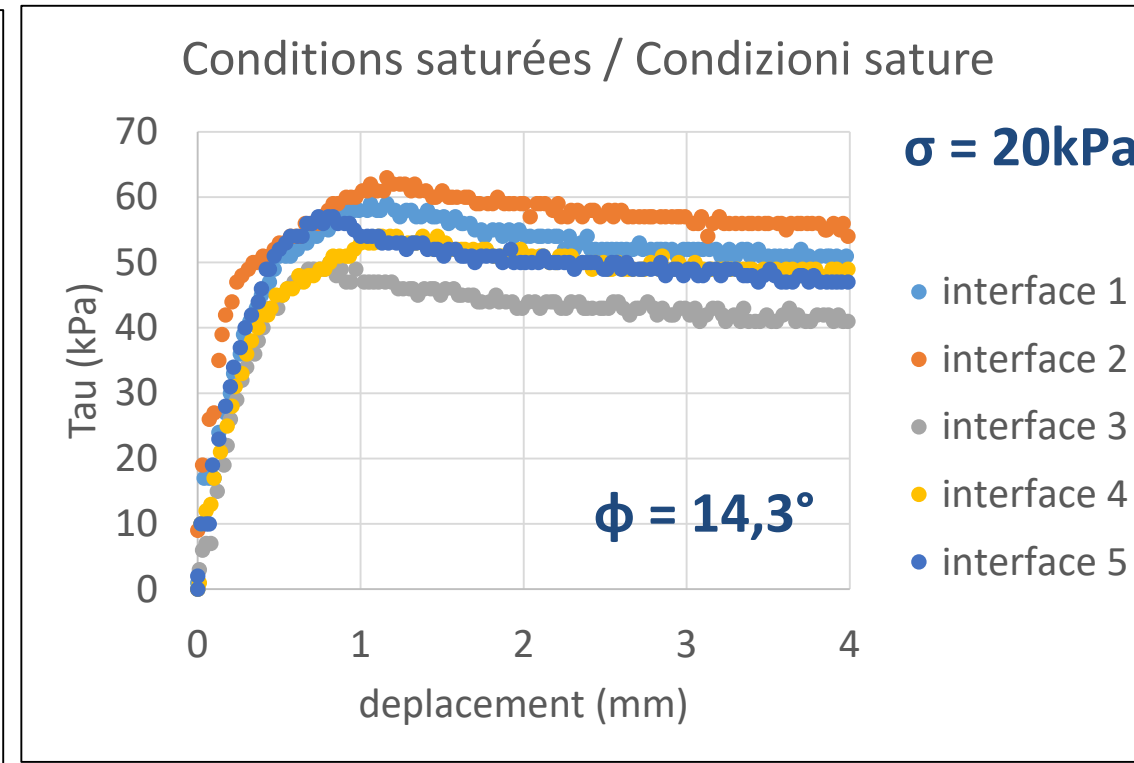
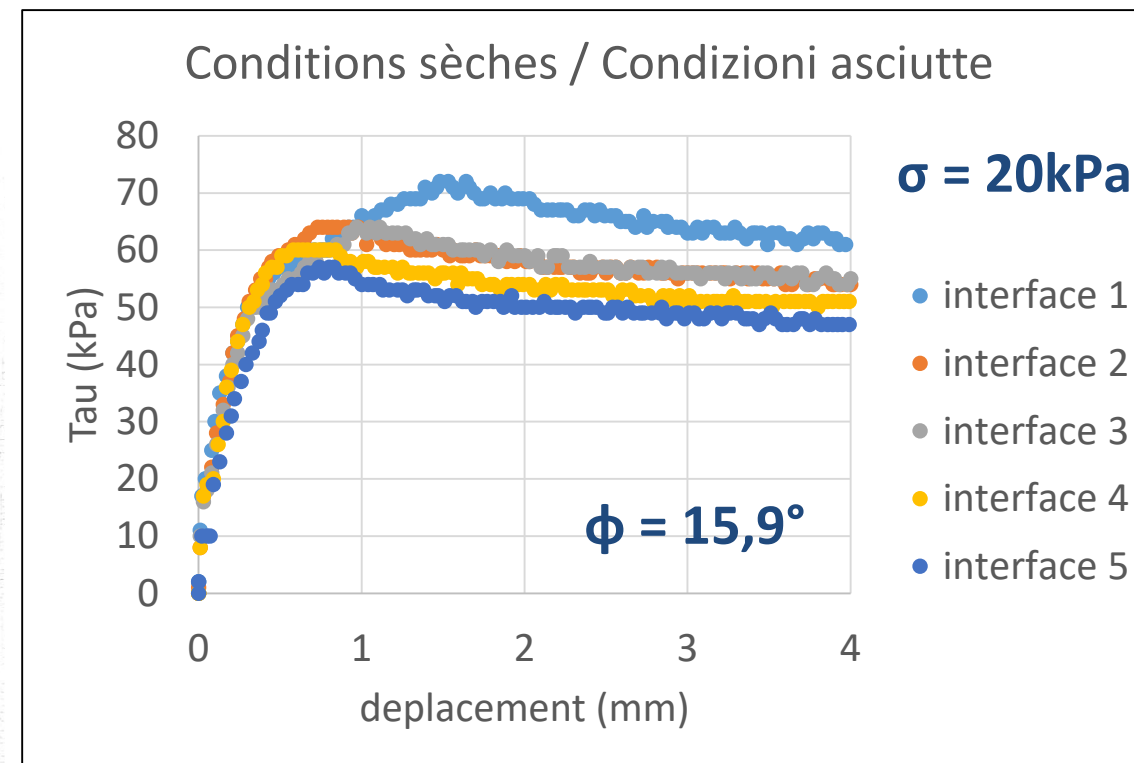
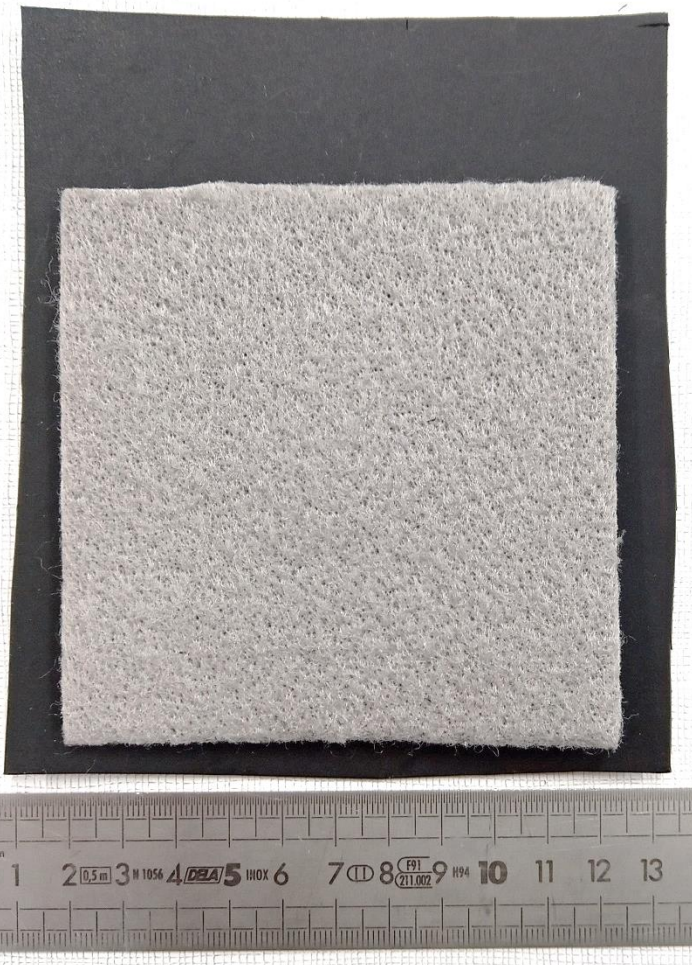


Interface géotextile de protection / géomembrane PEHD structurée
Interfaccia geotessile protettiva/geomembrana HDPE con piccole punte

Photos de quelques interfaces testées
Foto di alcune interfacce testate

Exemples de résultats de résistance au frottement d'interface sèche/saturée

Esempi di risultati di resistenza all'attrito dell'interfaccia secco/satura



La différence de l'angle de frottement mesuré en conditions sèches par rapport aux conditions saturées est d'environ 10%
 La differenza dell'angolo di attrito misurato in condizioni asciutte rispetto a condizioni sature è di circa il 10%

Il est observé sur ces graphiques que la variabilité issues des mesures sur plusieurs échantillons est relativement importante (CV ≈ 10%) □ tester beaucoup d'échantillons pour avoir des mesures précises en conditions saturées

Si osserva su questi grafici che la variabilità risultante dalle misurazioni su più campioni è relativamente importante (CV ≈ 10%) □ testare molti campioni per avere misurazioni accurate in condizioni di saturazione

Cette observation a été faite sur les autres interfaces testees

Questa osservazione è stata fatta sulle altre interfacce testate

Conclusions et recommandations

Conclusions et Recommendations

- Pour certaines interfaces testées, il a été mesuré une différence entre l'angle de frottement en conditions sèche et l'angle de frottement en conditions saturées mais cette différence est de l'ordre de grandeur du coefficient de variation ce qui suppose beaucoup de tests pour des mesures moyennes fiables
- *Per alcune interfacce testate, è stata misurata una differenza tra l'angolo di attrito in condizioni asciutte e l'angolo di attrito in condizioni sature, ma questa differenza è dell'ordine di grandezza del coefficiente di variazione, il che implica molti test per una media affidabile misurazioni*
- Pour garantir la stabilité d'une couche granulaire de protection d'un DEG dans le cas d'un remplissage rapide par le talus, il est nécessaire de faire le calcul de stabilité en tenant compte des forces hydrauliques (gradient hydraulique) car ce sont ces forces qui seront prépondérantes pour conduire au glissement de cette couche granulaire de protection
- *Per garantire la stabilità di uno strato protettivo granulare di SIG in caso di riempimento rapido da parte del rilevato, è necessario effettuare il calcolo di stabilità tenendo conto delle forze idrauliche (gradiente idraulico) perché queste sono le forze che saranno preponderanti per portare allo scorrimento di questo strato protettivo granulare*



PROGETTO RITA / PROJET RITA

Risposta Impatti Tempesta Alex / *Reponse Impacts Tempete Alex*

CONFERENCE FINALE / CONFERENZA FINALE
25.05.2023

MERCI / Grazie mille

Merci à Faustine Byron et à Julien Aubriet (Inrae) pour leur contribution dans cette étude

Grazie a Faustine Byron e Julien Aubriet (Inrae) per il loro contributo a questo studio



INRAE

