

**Journée technique du CFMS**

**«SUPPORTS EXPERIMENTAUX AU GUIDE TECHNIQUE SUR LES INCLUSIONS »**

**CNAM, Paris, 4 octobre 2011**

***Inclusions rigides : modèle physique 1g pour l'étude  
des mécanismes de transfert d'effort dans le matelas de répartition***

**J. Canou, J.-C. Dupla & A.-Q. Dinh**

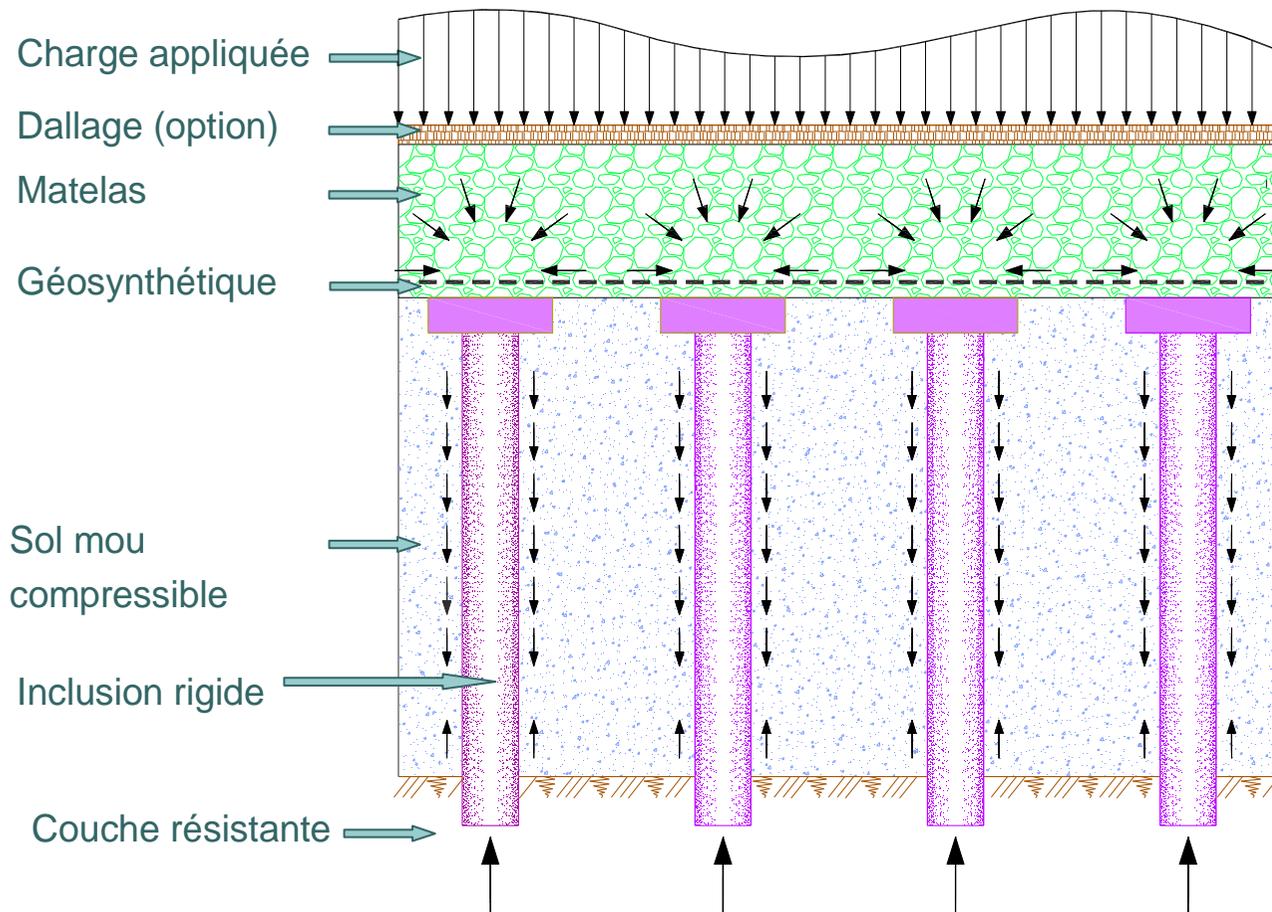
***Laboratoire Navier - géotechnique (CERMES)***

***Ecole des Ponts ParisTech / IFSTTAR / CNRS***

## ***PLAN DE LA PRESENTATION***

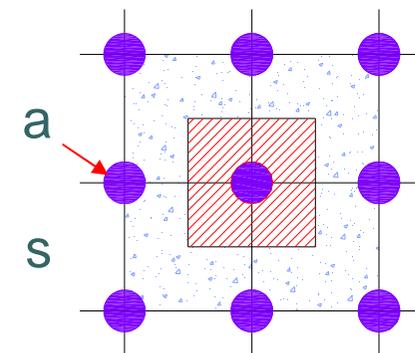
- ***Contexte et objectifs***
- ***Dispositif expérimental et procédures d'essai***
- ***Matériaux utilisés***
- ***Résultats typiques***
- ***Influence de paramètres significatifs***
- ***Evaluation des résultats***
- ***Conclusions***

# CONTEXTE



- Matelas :  
 $h_m$ ,  $d_{50}$ , granulo,  $E$ , ...

- Inclusion rigide :  
 $a$ ,  $s$ ,  $\alpha$



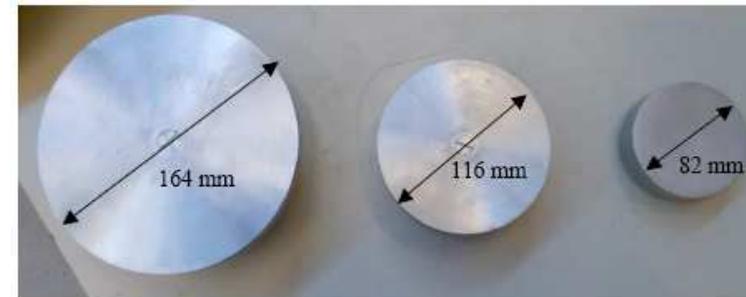
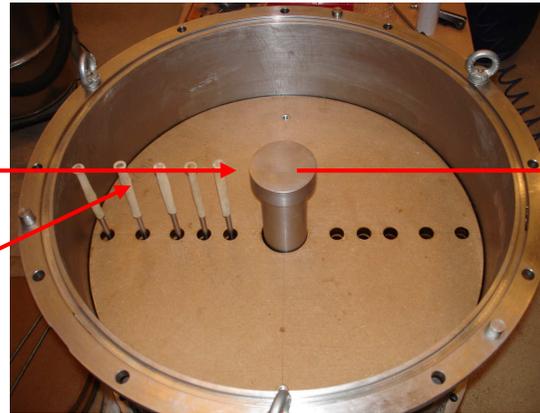
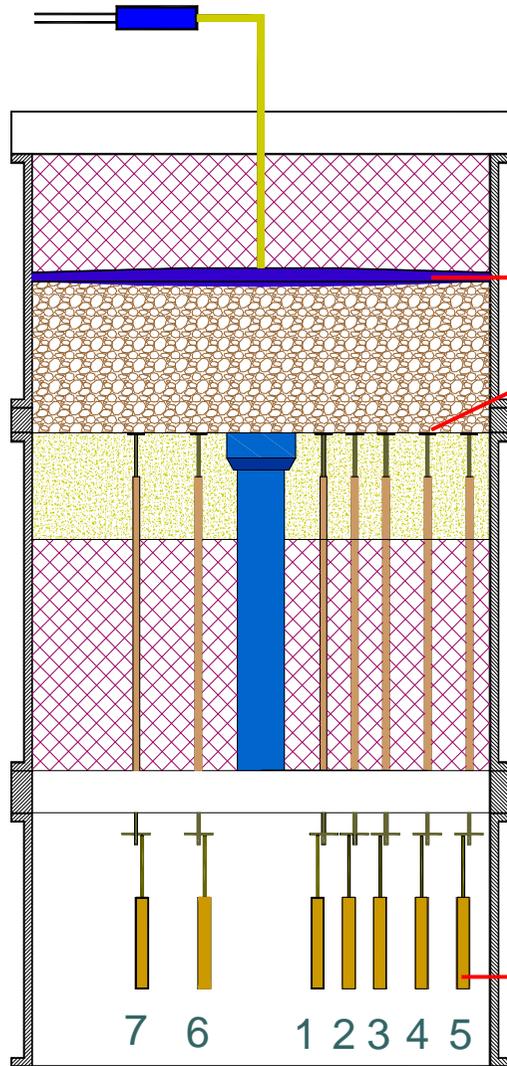
$$\alpha = A_p/A_s$$

## **OBJECTIFS**

- ***Conception et développement d'un modèle physique 1g pertinent pour l'étude des mécanismes de transfert, complémentaire de la centrifugeuse***
- ***Mise en évidence et quantification de l'influence de paramètres significatifs du problème***
- ***Constitution d'une base de données utile pour la validation des méthodes de calcul***

# DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Configuration « remblai », « souple » : pression uniforme



**DISPOSITIF EXPERIMENTAL**  
**Configuration « dallage », « rigide » : déplacement uniforme**



## **MATERIAUX UTILISES POUR LE MATELAS**



**Gravier d'Hostun HN 2/4 mm  
(M1)**



**Microballast 5/8 mm  
(MB5/8)**



**Micro-ballast 10/16 mm  
(MB10/16)**



**Mélange  
(M2)**

	$\rho_d$ (t/m <sup>3</sup> )	$d_{50}$	$C_u$
<b>M1</b>	<b>1,620</b>	<b>2,5 mm</b>	<b>2</b>
MB5/8	1,620	6 mm	2
MB10/16	1,620	12 mm	2
M2	1,620	2,5 mm	10

**$c'$ ,  $\phi'$ ,  $\psi$ ,  $E$  : déterminés à partir  
des essais triaxiaux**

## MATERIAU UTILISE POUR LE SOL COMRESSIBLE

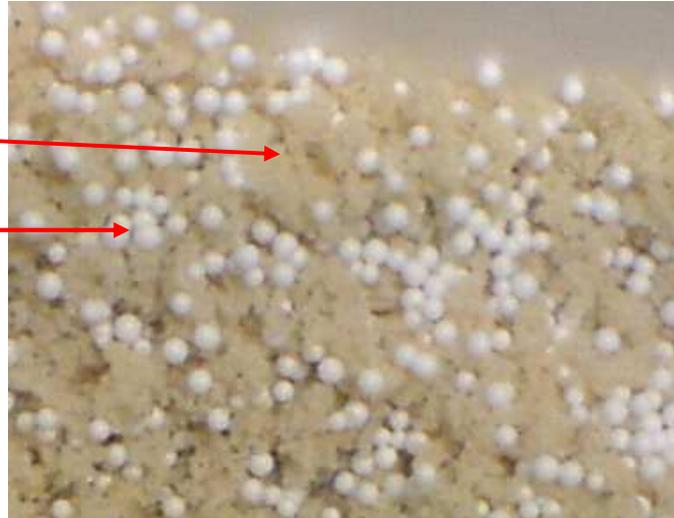
Sable d'Hostun HN31

+

Billes de polystyrène

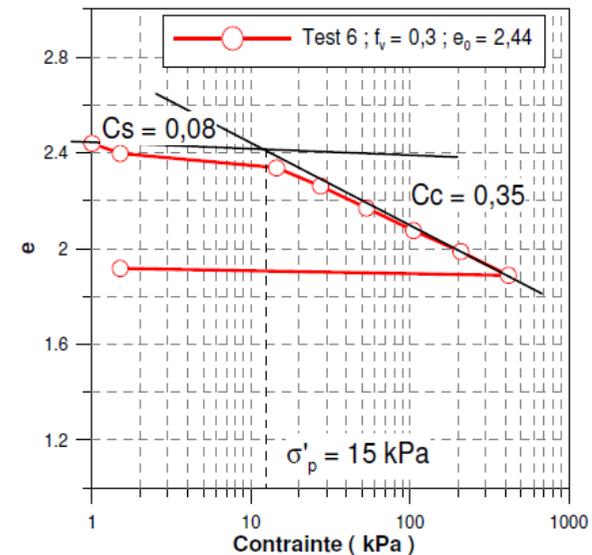
+

10% eau

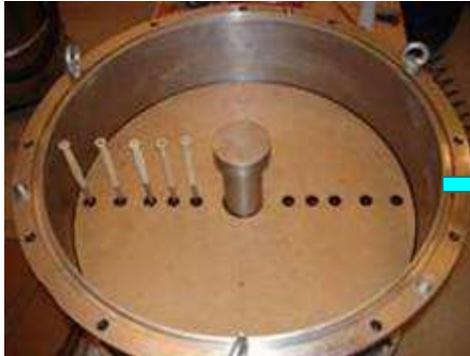


$$f_v = \frac{V_{Pol}}{V_{Sab}}$$

Mélange	$f_v$	$e_0$	$C_c$	$C_c/(1+e_0)$
SP 30	0,30	2,44	0,35	0,09
SP 50	0,50	3,13	0,75	0,13
SP 100	1,00	2,44	0,80	0,25
SP 150	1,50	3,13	1,26	0,33

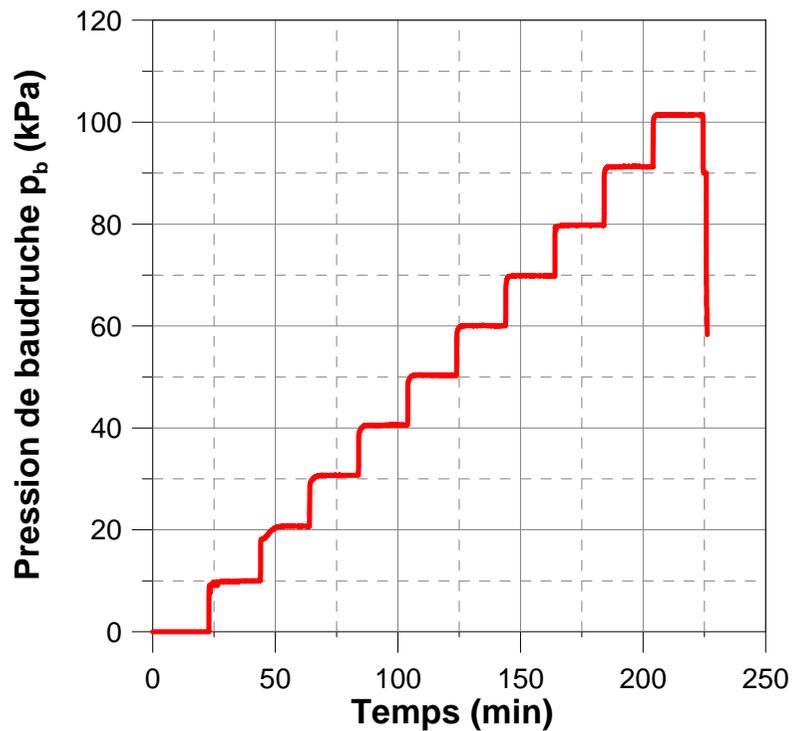


## ***PROCEDURE D'ESSAI (pression contrôlée)***



## RESULTAT D'ESSAI TYPIQUE

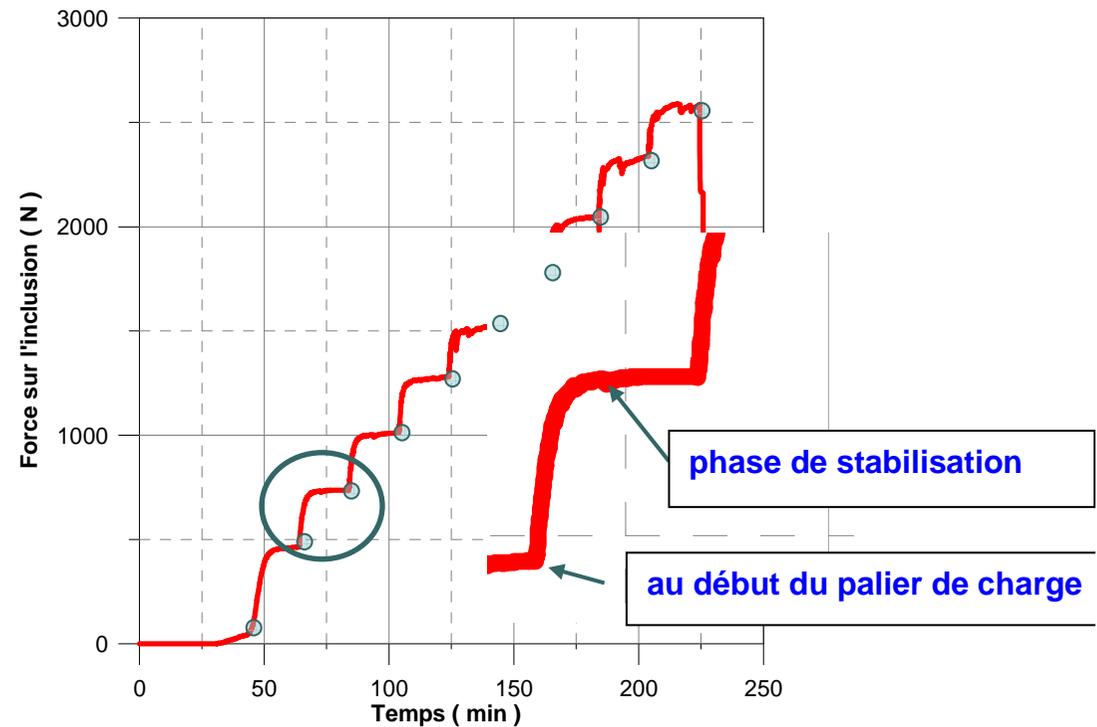
Cas de référence : matelas M1,  $h_m = 10$  cm, SP30,  $h_s = 10,5$  cm,  $\alpha = 2,22$  %



Chargement par palier : 0 – 100 kPa

Incrément : 10 kPa

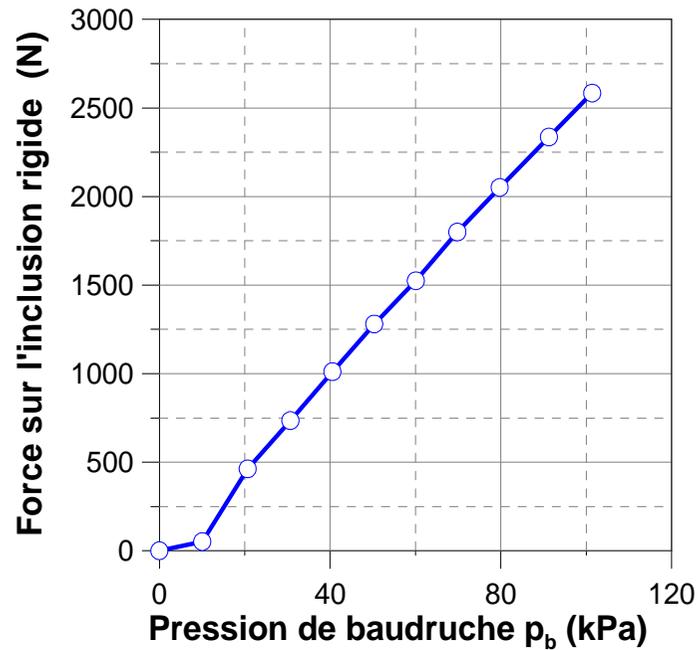
Durée : 15 min



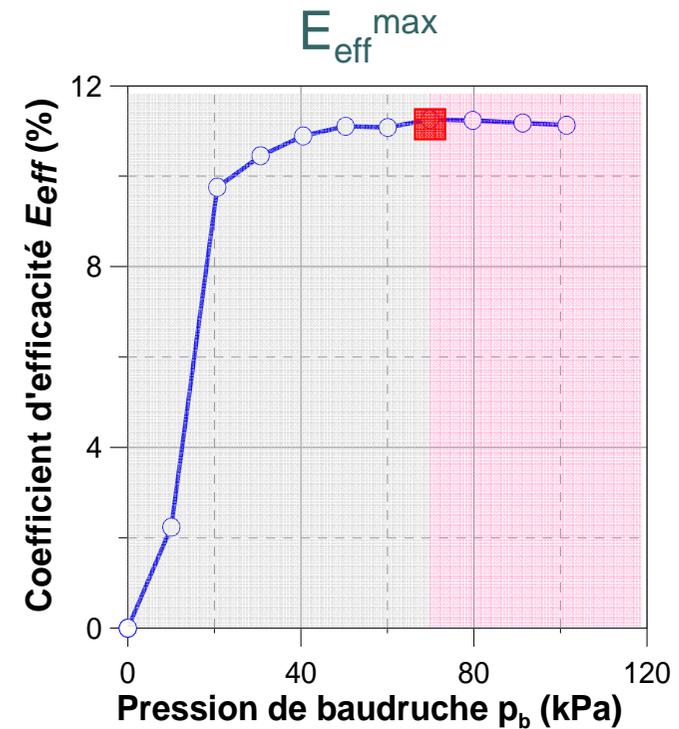
Force sur l'inclusion rigide

## RESULTAT D'ESSAI TYPIQUE

Cas de référence : matelas M1,  $h_m = 10$  cm, SP30,  $h_s = 10,5$  cm,  $\alpha = 2,22$  %

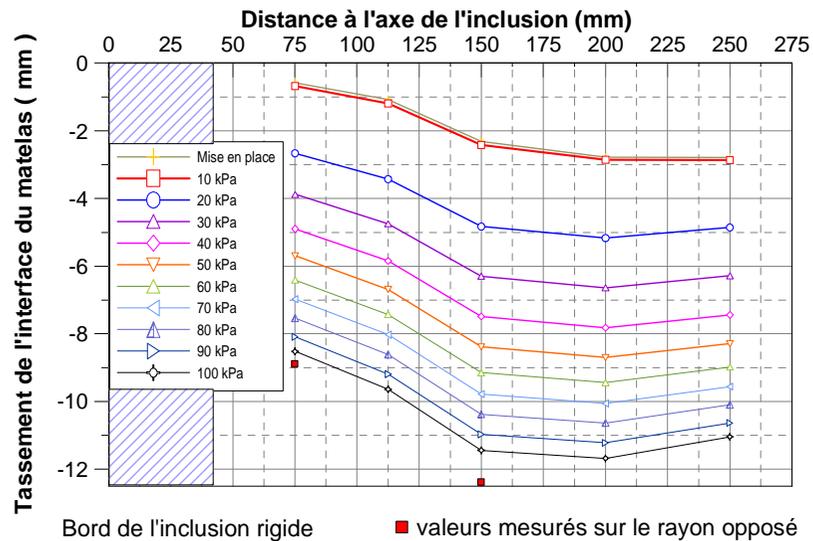
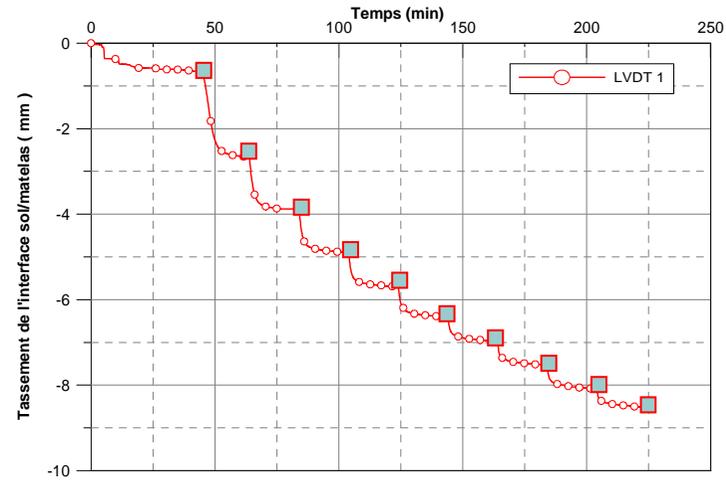
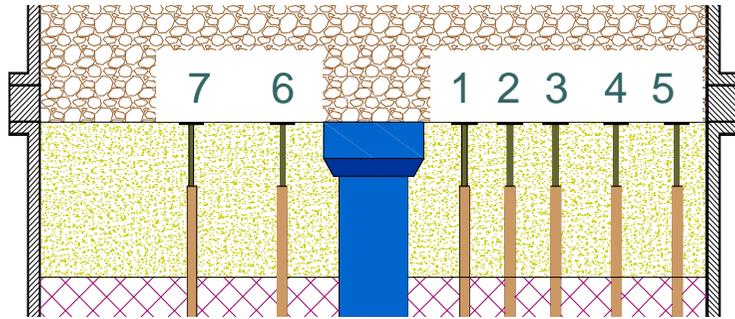


$$E_{\text{eff}} = F_{\text{inc}} / F_{\text{tot}}$$

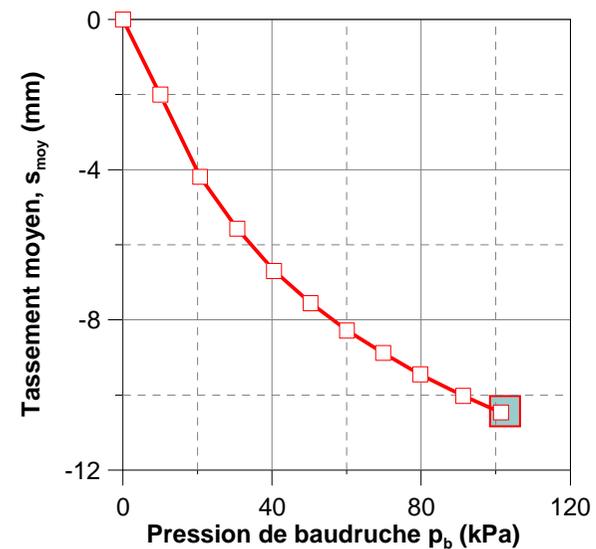


# RESULTAT D'ESSAI TYPIQUE

Cas de référence : matelas M1,  $h_m = 10$  cm, SP30,  $h_s = 10,5$  cm,  $\alpha = 2,22$  %



$$s_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^5 s_i A_i}{\sum_{i=1}^5 A_i}$$



## ***PARAMETRES D'ETUDE***

- **Paramètres géométriques**

- *Épaisseur du matelas*
- *Épaisseur du sol compressible*
- *Taux de recouvrement  $\alpha$*

- **Paramètres « rhéologiques »**

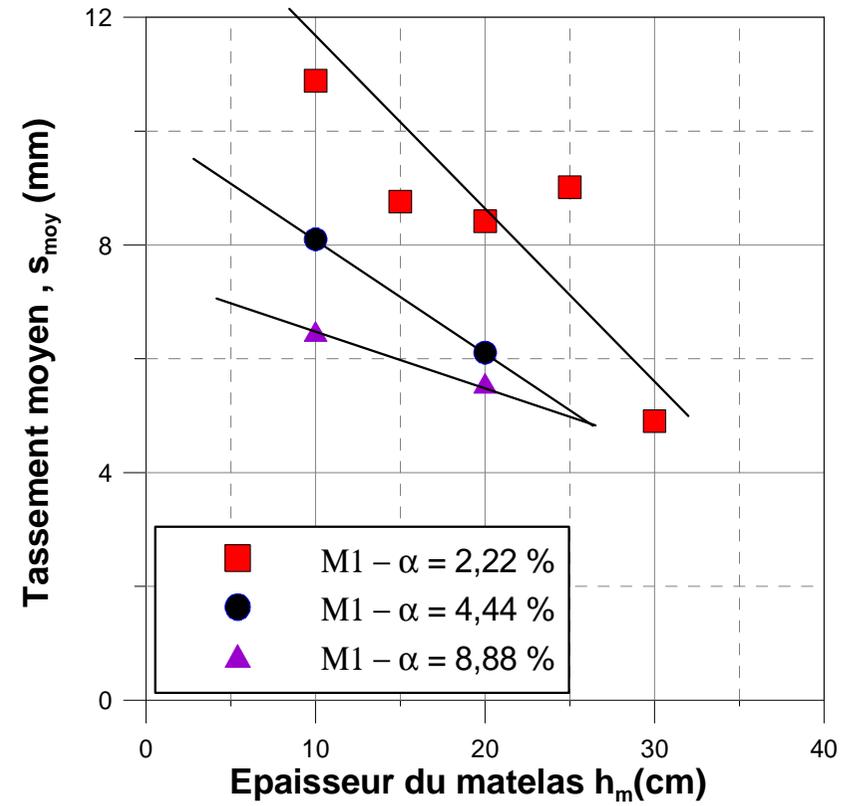
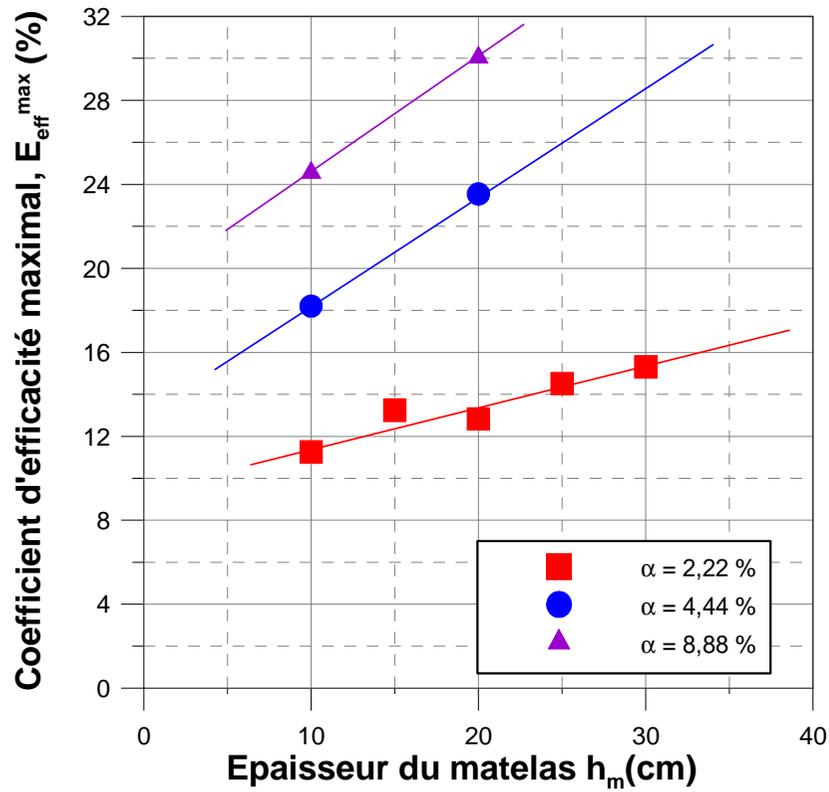
- *Matériau constitutif du matelas (D50, granulométrie, rigidité, ...)*
- *Sol compressible analogique (compressibilité)*

- **Paramètres de chargement**

- *Pression uniforme (cas « souple » remblai) ou déplacement uniforme (cas « rigide » dallage)*
- *Amplitude du chargement*
- *Protocole de chargement (paliers, ...)*
- *Chargements cycliques*

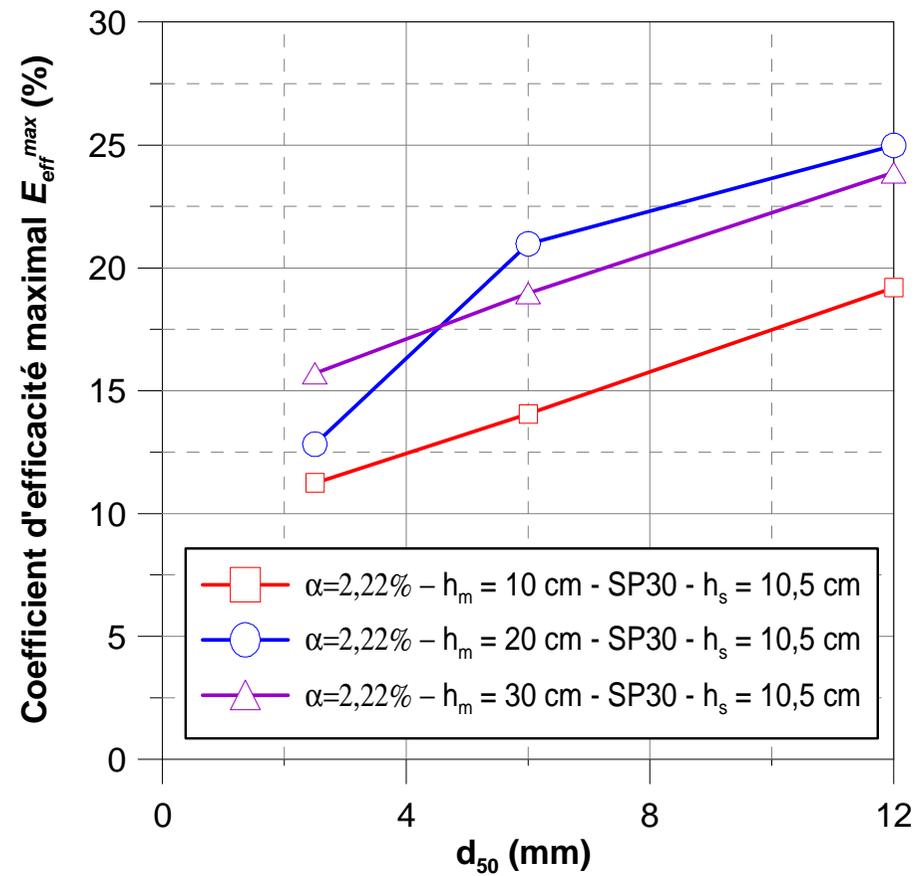
## INFLUENCE DE $h_m$ et $\alpha$

matelas M1, sol compressible SP30,  $h_s = 10,5$  cm



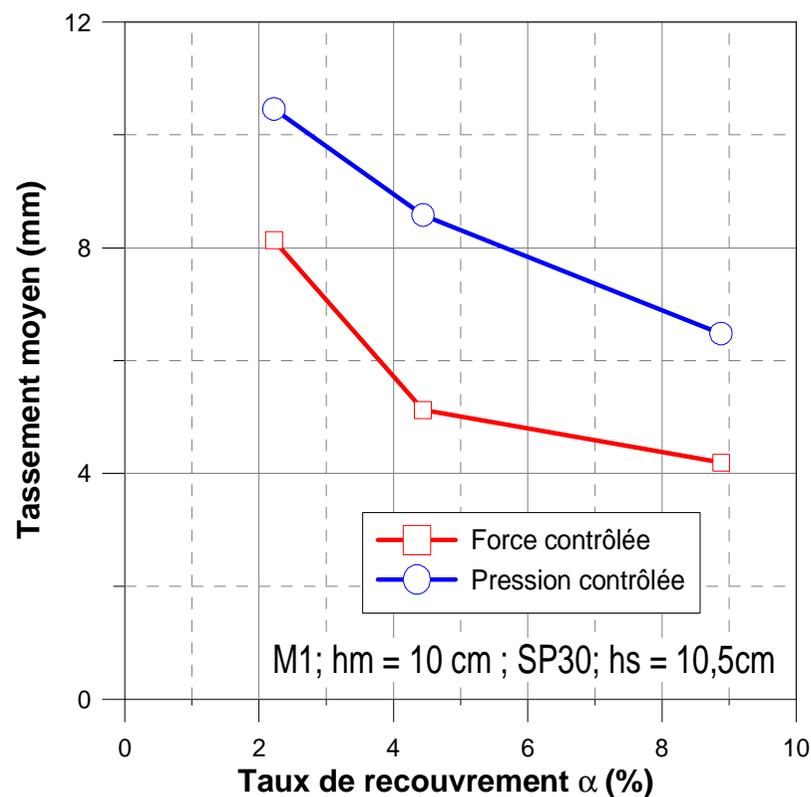
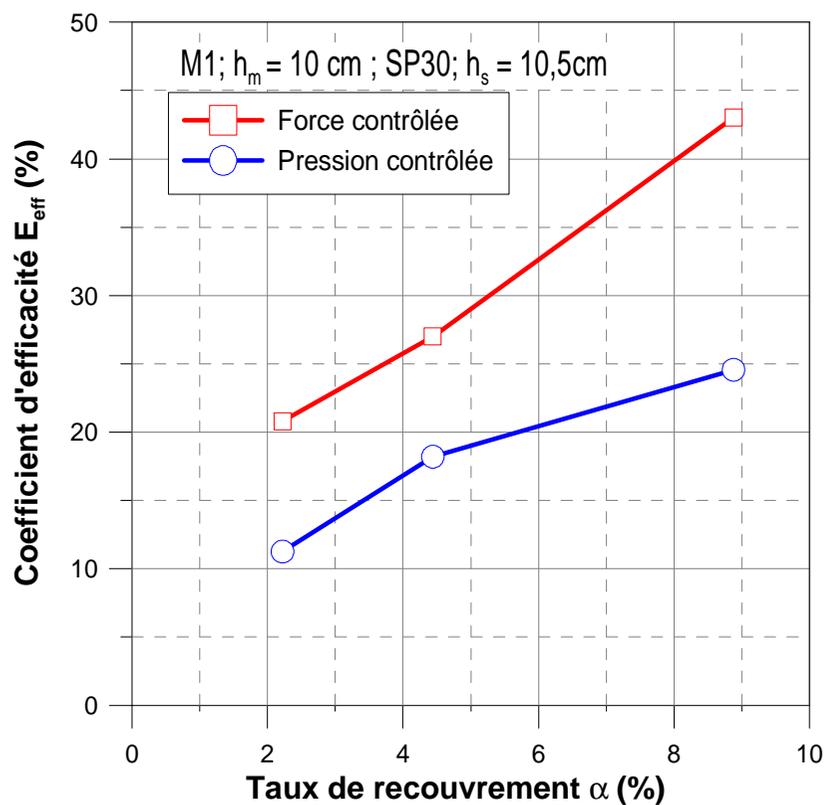
## INFLUENCE DU $d_{50}$ DU MATELAS

$\rho_d = 1,620 \text{ t/m}^3$ ;  $\alpha = 2,22 \%$  - SP30 -  $h_s = 10,5 \text{ cm}$



# COMPARAISON DES CHARGEMENTS TYPE REMBLAI ET DALLAGE

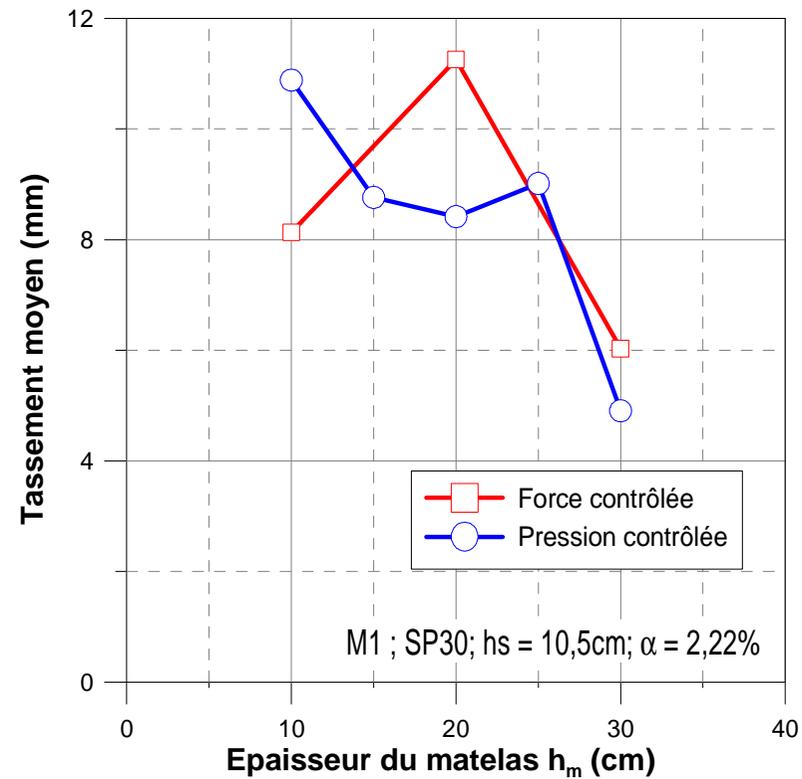
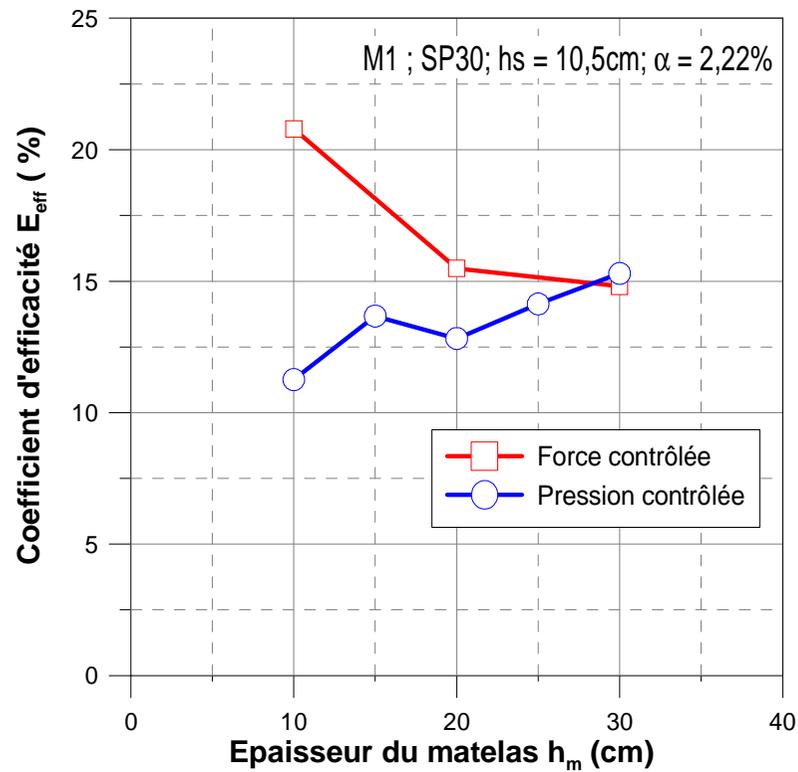
## Influence du taux de recouvrement



Augmentation significative de  $E_{eff}$  dans le cas du dallage

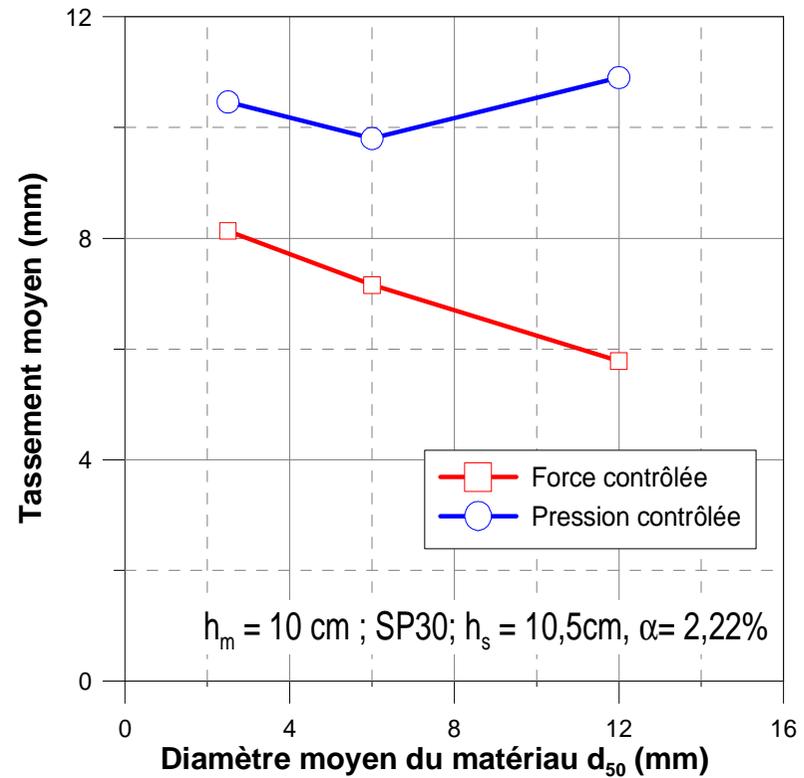
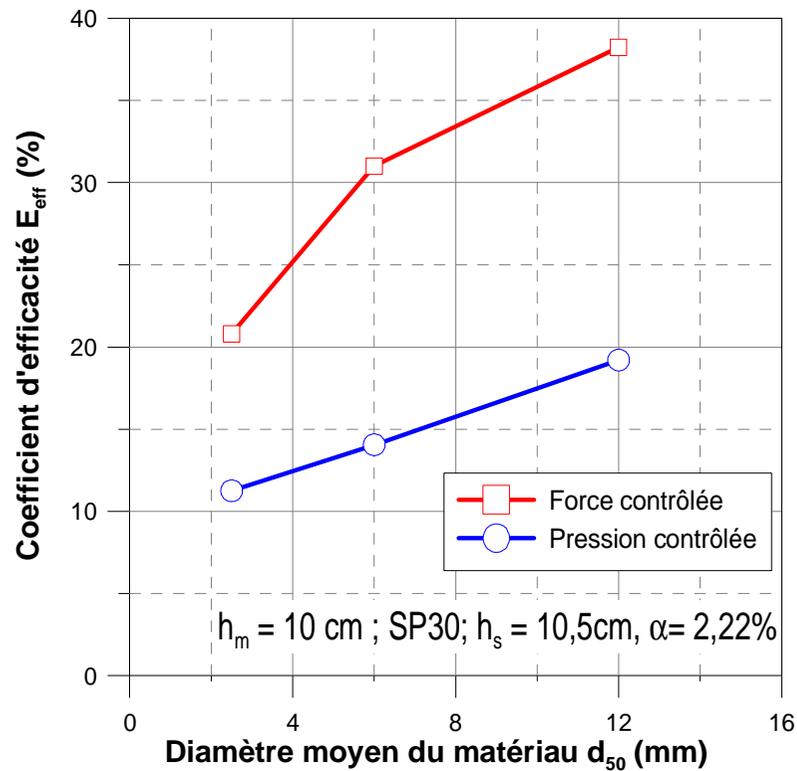
# COMPARAISON DES CHARGEMENTS TYPES REMBLAI ET DALLAGE

## Influence de $h_m$



# COMPARAISON DES CHARGEMENTS TYPES REMBLAI ET DALLAGE

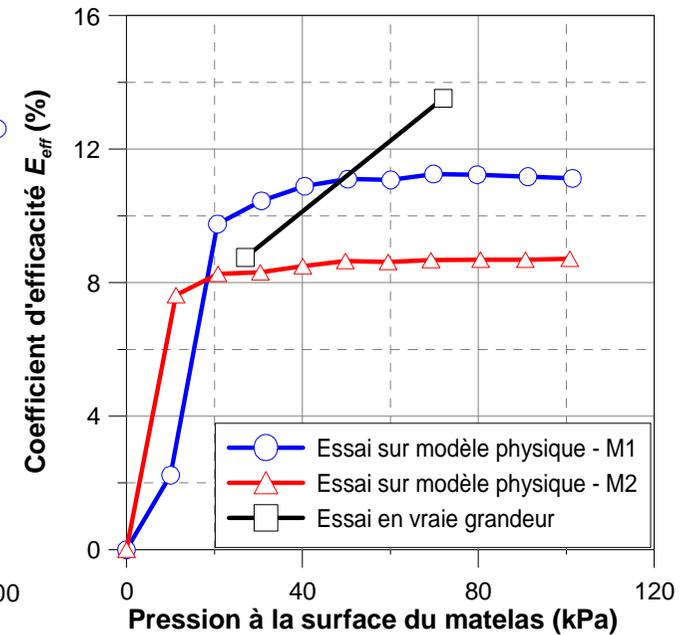
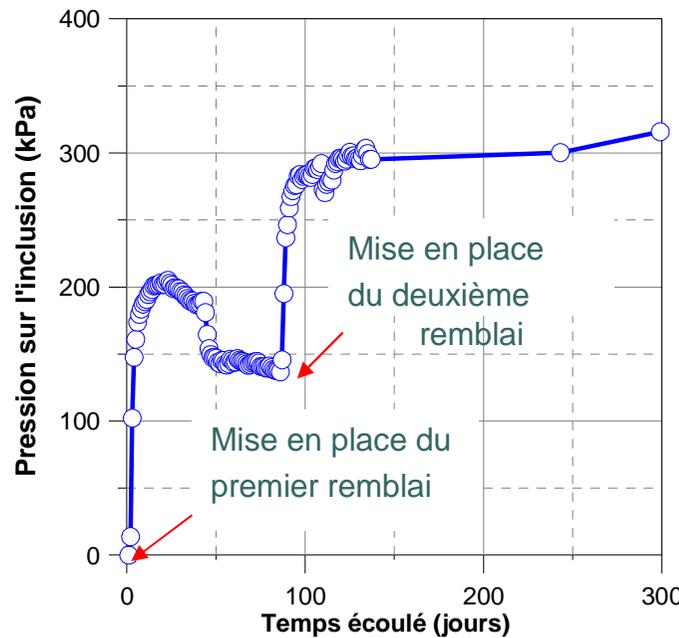
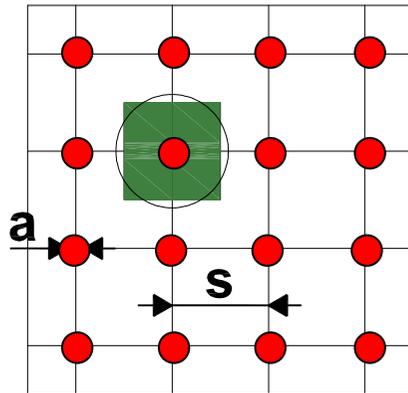
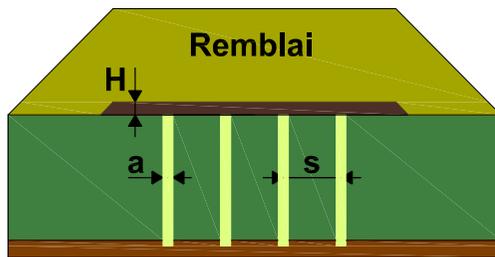
## Influence de $d_{50}$



# EVALUATION DES RESULTATS OBTENUS

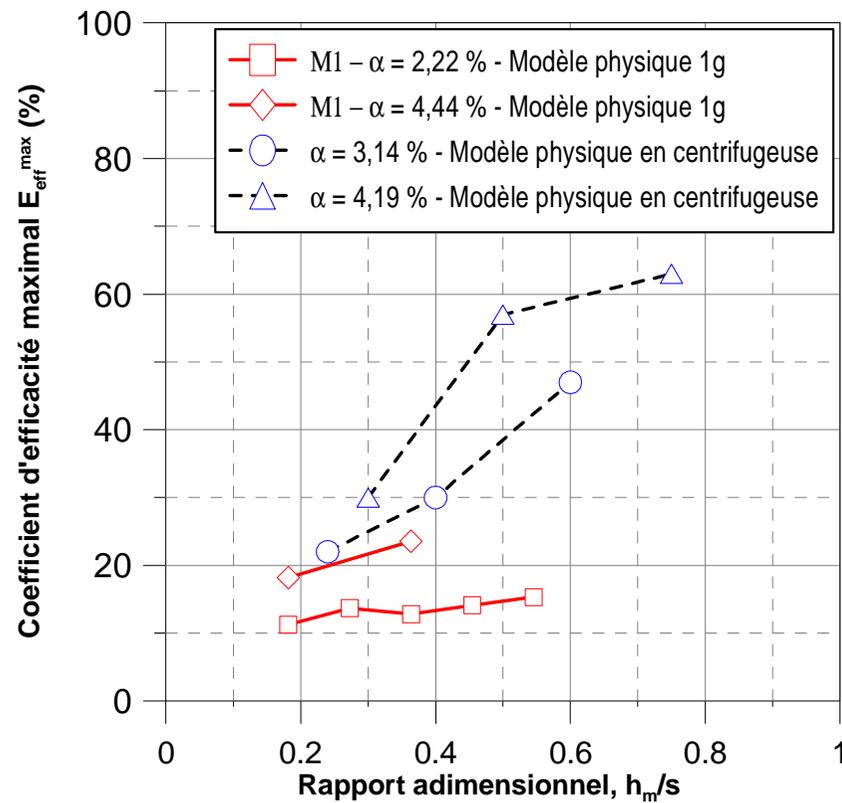
Comparaison avec les résultats obtenus sur le site expérimental de Saint-Ouen-l'Aumône

$$h_m = 0,5m, s = 2,5m, a = 0,42m, \alpha = 2,22\%$$



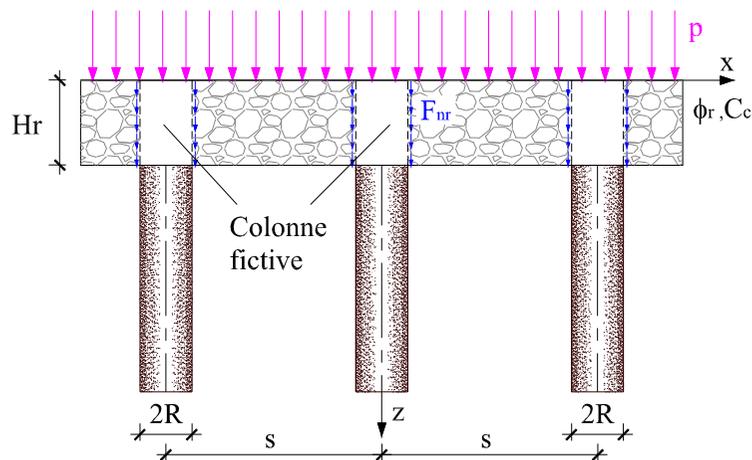
## EVALUATION DES RESULTATS OBTENUS

Comparaison avec les résultats obtenus en centrifugeuse (échelle 1/27,8g)



# EVALUATION DES RESULTATS OBTENUS

## Comparaison avec la méthode de Combarieu (1988, 2007)



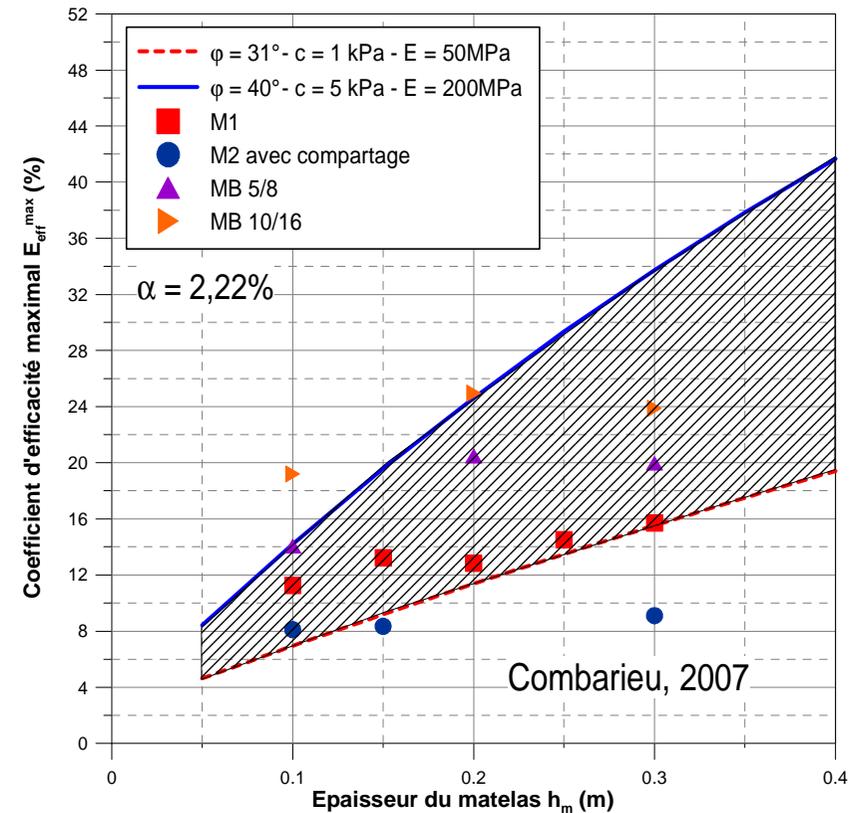
### Combarieu (1988)

$$q_s = f(\lambda, R, b, K \tan \varphi)$$

### Combarieu (2007)

$$q_s = f(\lambda, R, b, K \tan \varphi, h_e)$$

$$K \tan \varphi = 1,1 - e^{-E/E_0}$$



## **CONCLUSIONS**

- *Intérêt du modèle physique 1g pour étudier les mécanismes de transfert d'effort dans le matelas de répartition*
- *Mise en évidence et quantification de l'influence de paramètres significatifs, extrapolables à la vraie grandeur*
- *Constitution d'une base de données utile pour la validation des méthodes de calcul*
- *Influence de l'interaction entre inclusions reste à étudier : configurations « domino » à cinq inclusions*