



Journée technique CFMS-CFG
« Les Géosynthétiques et leurs applications »

«Approches expérimentale et numérique du dimensionnement d'une couche de sol renforcée par géosynthétiques sur cavités potentielles»

Audrey HUCKERT (Egis Géotechnique, Grenoble)

Pascal VILLARD (3SR, Grenoble)

Laurent BRIANÇON (INSA, Lyon)



Contexte et objectifs

- Thèse de doctorat (2011-2014): Egis Géotechnique & 3SR, Grenoble

- Projet de recherche FUI : Géolnov

Conception de géosynthétiques hautes performances sous contraintes environnementales



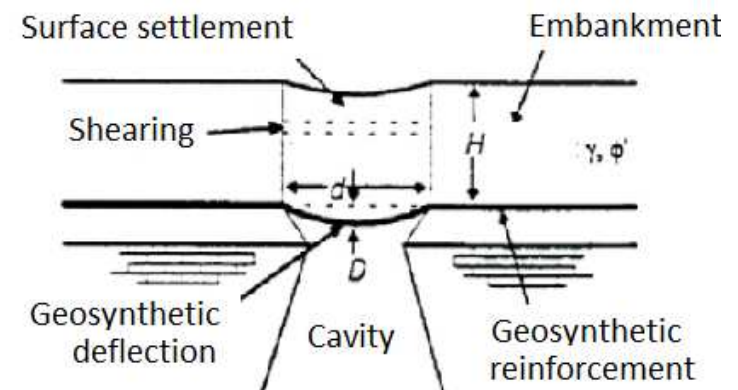
- *Encadrement : P. Villard, P. Garcin / S. Reynaud, L. Briançon*



Fontis (Belgium)



*Renforcement
géosynthétique*

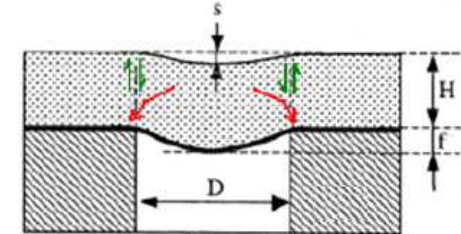


*Dimensionnement analytique
(RAFAEL, Blivet et al. 2001)*

Approches expérimentale et numérique du dimensionnement de renforcements géosynthétiques sur cavités potentielles

- Méthodologie :

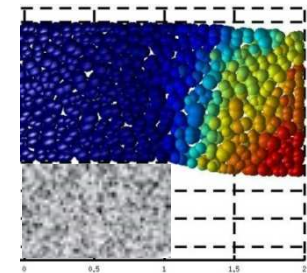
1. Principes de dimensionnement analytique



2. Expérimentations en vraie grandeur

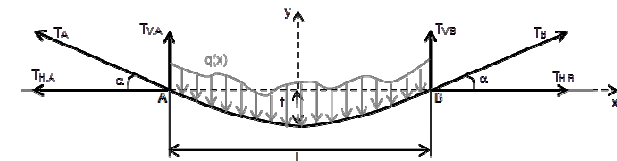


3. Simulations numériques



4. Propositions de dimensionnement analytique

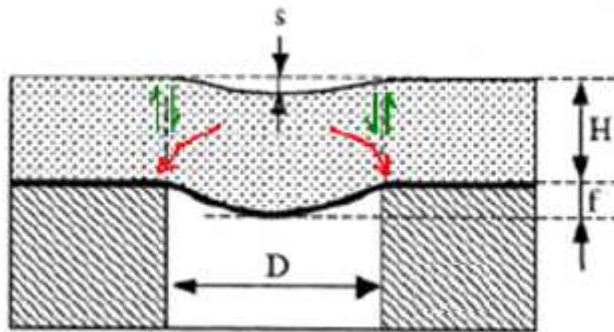
5. Conclusions et perspectives



1. Principes de dimensionnement analytique

- Comportement mécanique du renforcement géosynthétique :

Mécanismes de transfert de charges au sein du remblai :



- Effet voûte, cisaillement
- Effet membrane
- Foisonnement
- Frottement (ancrages)

- Critère de dimensionnement :
Tassement de surface, traction

- Questions soulevées par les méthodes existantes :

- Géométrie de l'effondrement ?
- Transferts de charges sur la nappe géosynthétique ?
- Foisonnement du remblai au-dessus de la cavité ?
- Cas de couches de sol traité ?

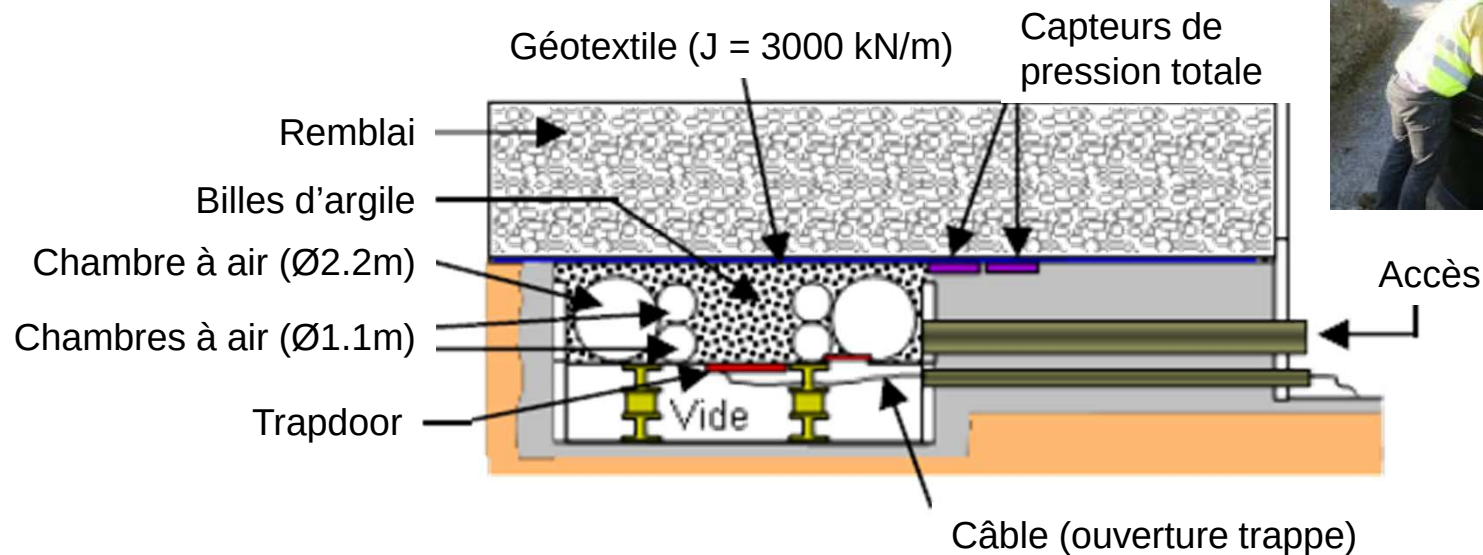
1^{ère} approche : expérimentation en vraie grandeur



2. Expérimentation en vraie grandeur - Description

- Principe expérimental :

Ouverture progressive d'une cavité circulaire de diamètre croissant sous un remblai renforcé par géosynthétique



Installation et principe

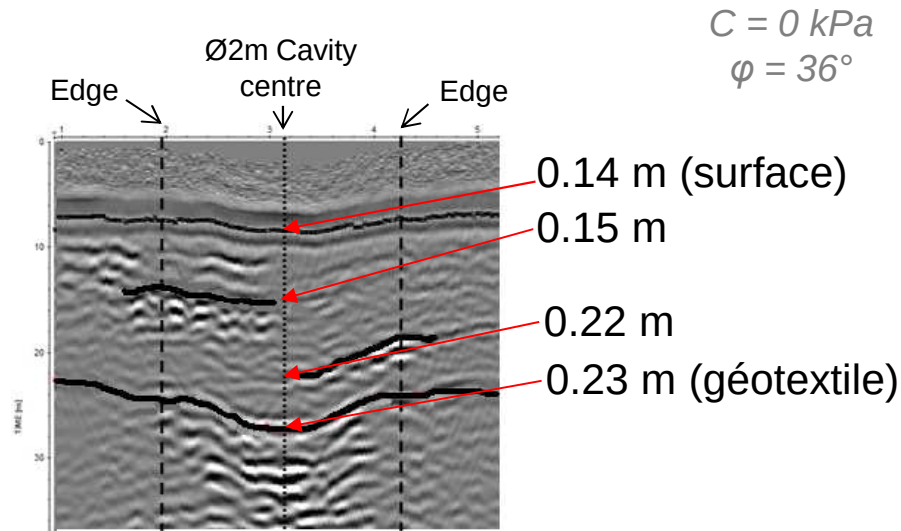
- Instrumentation spécifique :

Capteurs de pression totale, radar, fibres optiques, topographie, distance-mètre laser

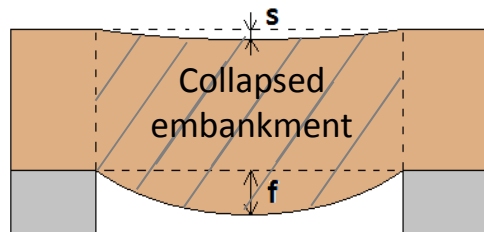
- Objectifs : Transferts de charges, comportement cinématique et mécanique

2. Expérimentation en vraie grandeur - Principaux résultats (Cavité Ø2m)

- Remblai non cohésif :



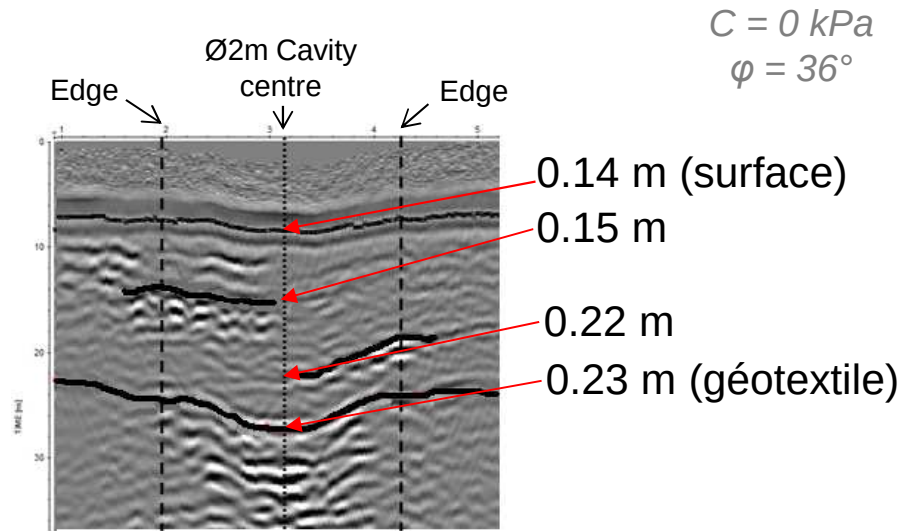
Déplacements verticaux (géoradar)



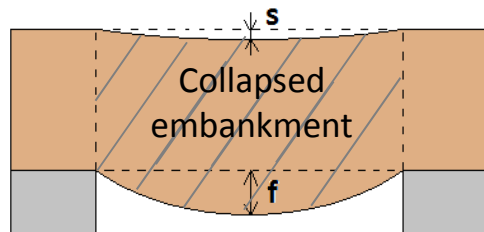
- Remblai effondré : cylindre
- Coefficient de foisonnement global 1.04

2. Expérimentation en vraie grandeur - Principaux résultats (Cavité Ø2m)

- Remblai non cohésif :



Déplacements verticaux (géoradar)



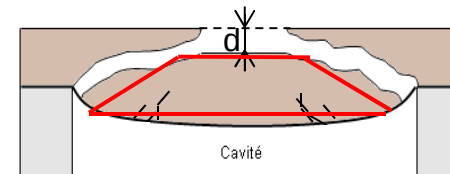
- Remblai effondré : cylindre
- Coefficient de foisonnement global 1.04

- Couche de sol traité :

$$C = 40 \text{ kPa}$$
$$\varphi = 33^\circ$$



*Surcharge verticale
après ouverture*



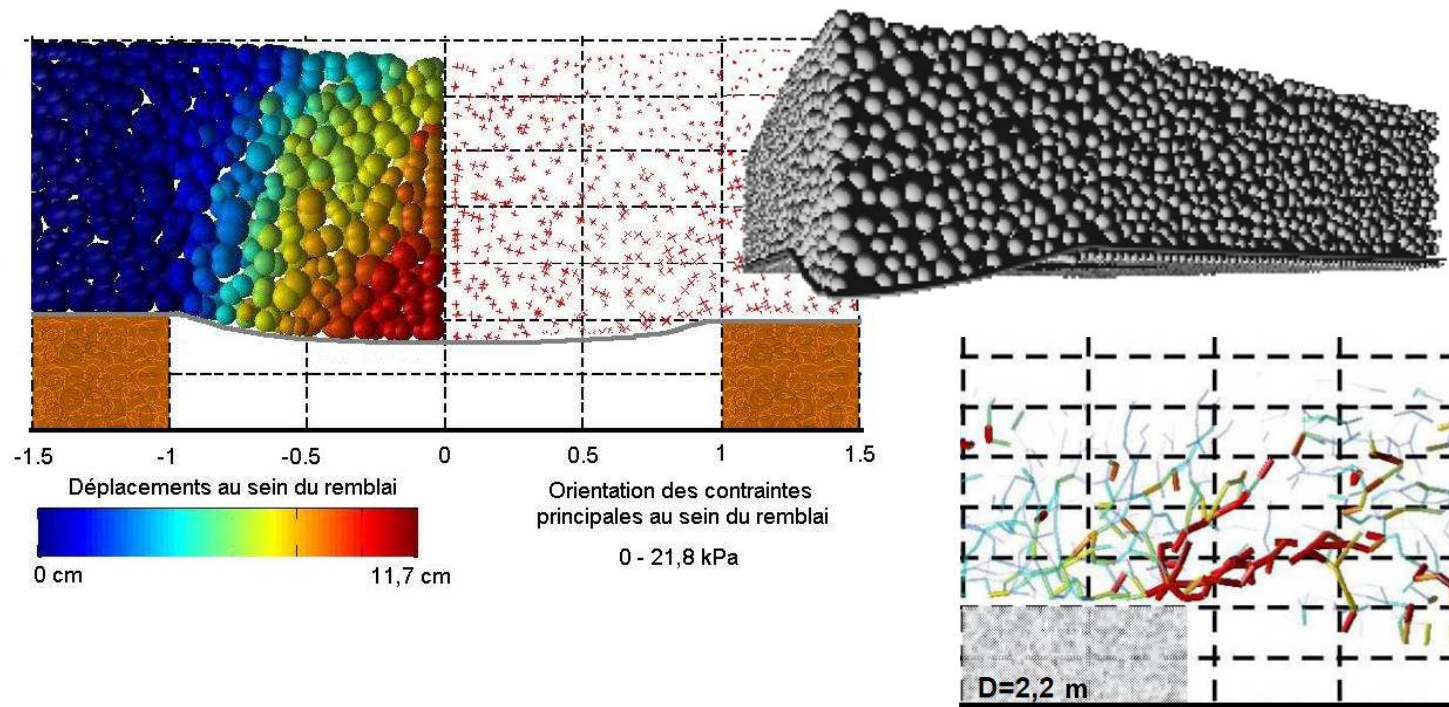
$d = 9 \text{ cm}$ (après effondrement)



Sol effondré

- Déplacements significatifs :
uniquement après essais de chargement
- Effondrement brutal d'un bloc de sol
tronconique

2de approche : Simulations numériques (DEM)



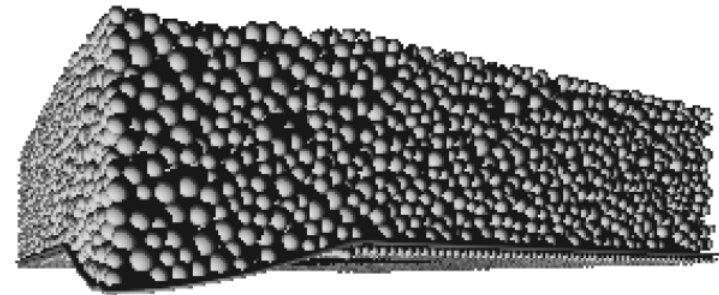
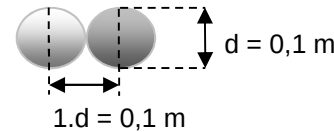
3. Simulations numériques (DEM)

- Modèle :

Remblai : 15000 clusters (DEM)

Géosynthétique : 3200 éléments (FEM)

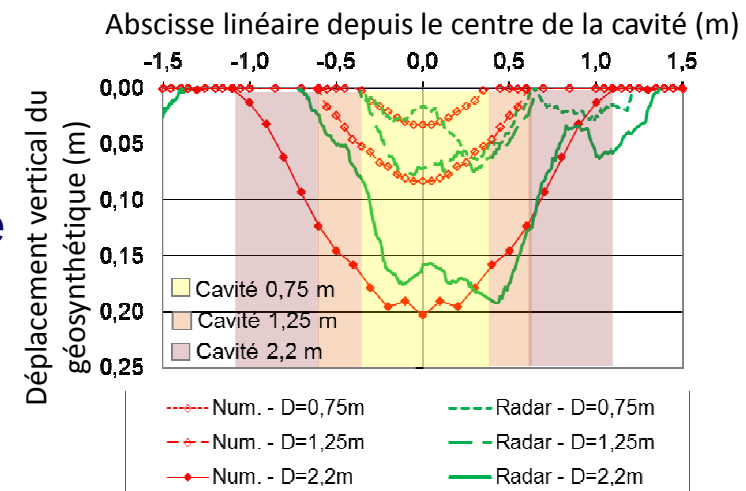
- transferts de charges
- foisonnement
- grands déplacements
- interface sol/géosynthétique
- ouverture de la cavité



- Limites:

- Nombre élevé de particules → temps
- Calibration microscopique/macrosopique

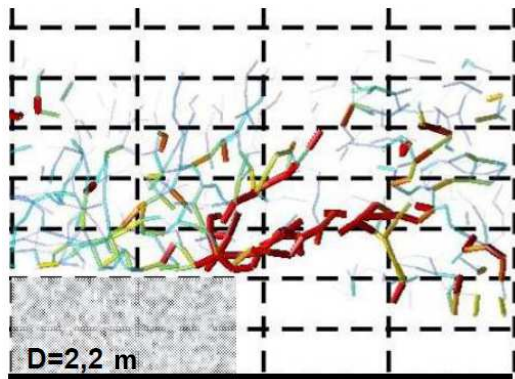
- Validation expérimentale



Flèche du géosynthétique lors de l'ouverture de la cavité

3. Simulations numériques (DEM)

- Principaux résultats :

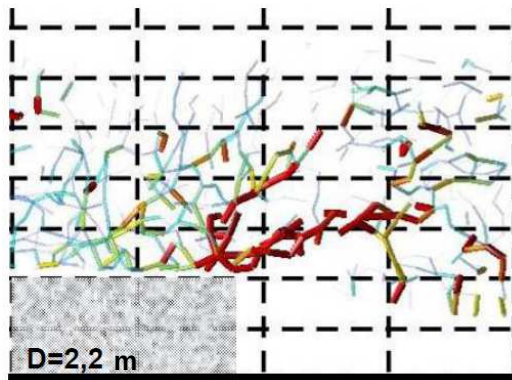


Forces de contact normales

- Observation: frottement dans les ancrages, foisonnement, transfert de charges.

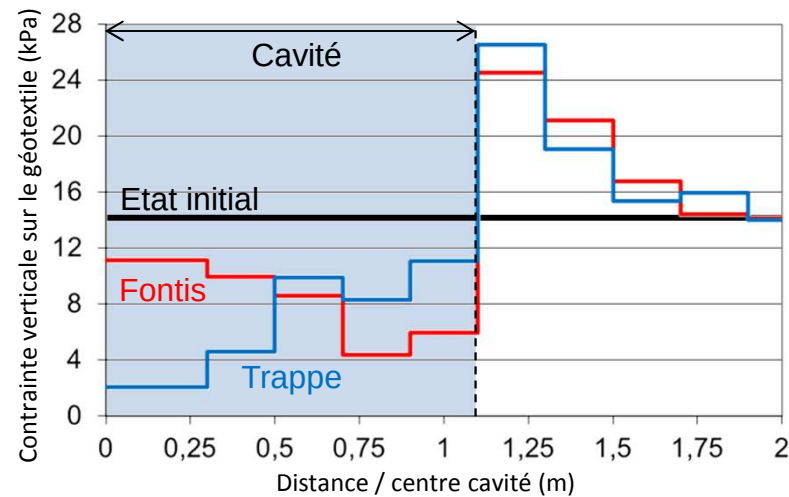
3. Simulations numériques (DEM)

- Principaux résultats :



Forces de contact normales

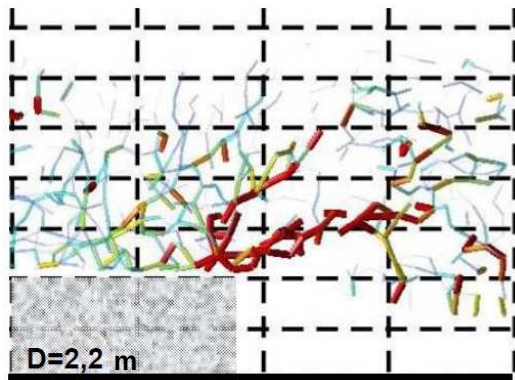
- Observation: frottement dans les ancrages, foisonnement, transfert de charges.
- Chargement non uniforme du géotextile



Distribution de la contrainte verticale sur le géosynthétique

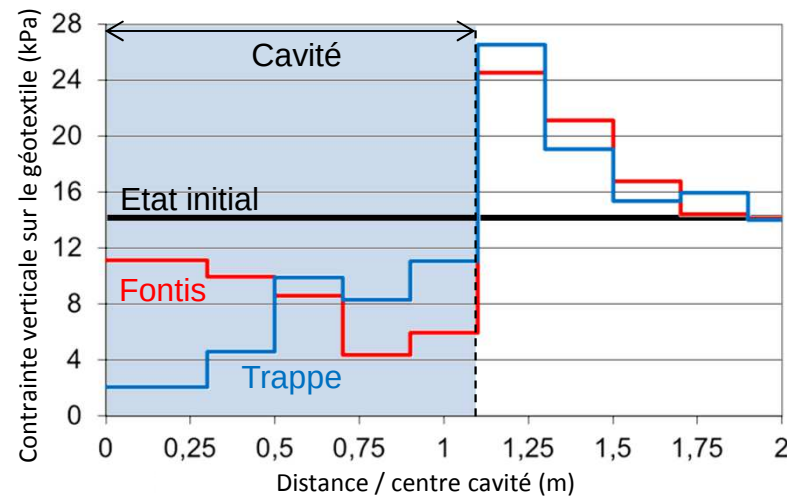
3. Simulations numériques (DEM)

- Principaux résultats :

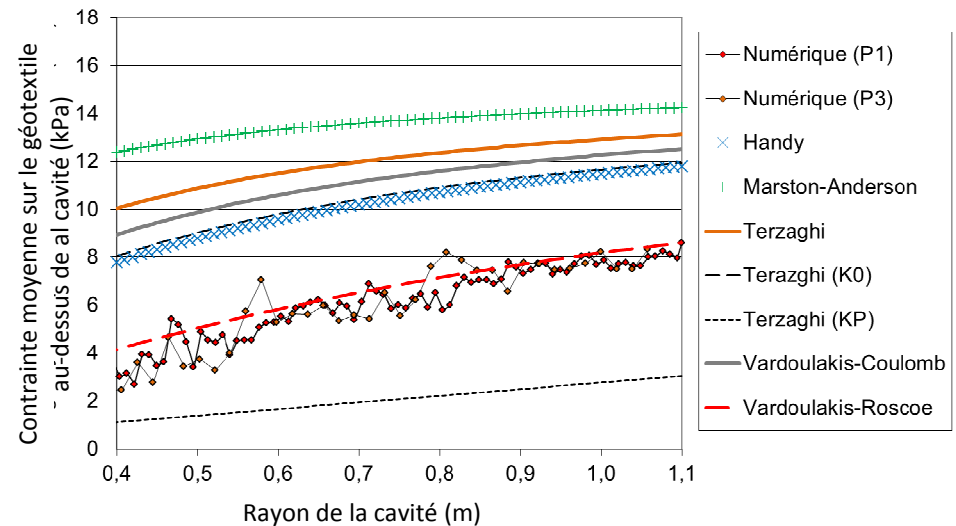


Forces de contact normales

- Observation: frottement dans les ancrages, foisonnement, transfert de charges.
- Chargement non uniforme du géotextile
- Contrainte moyenne sur le géotextile au-dessus de la cavité : Vardoulakis et al. (1981)

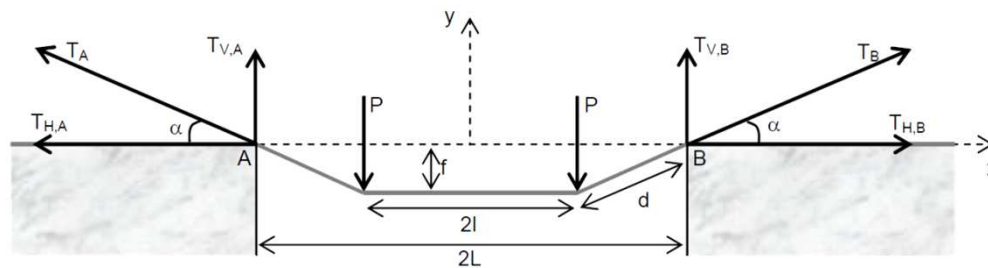
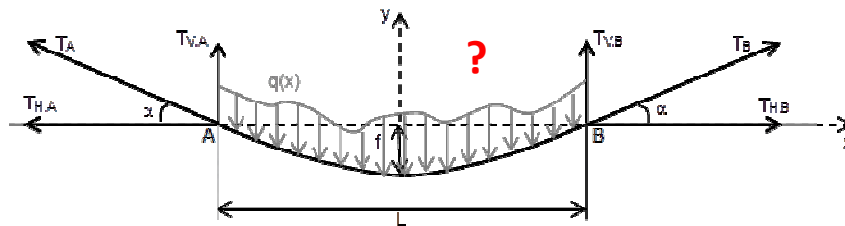


Distribution de la contrainte verticale sur le géosynthétique



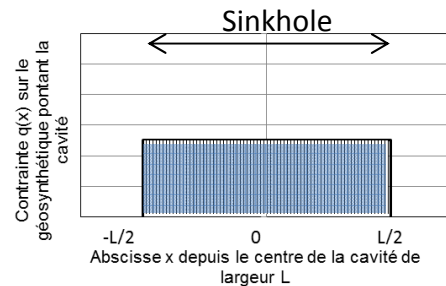
Contrainte moyenne sur le géotextile au-dessus de la cavité

Confrontation des observations expérimentales et numériques...

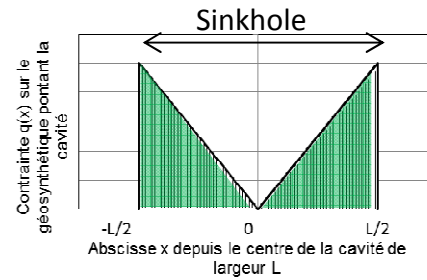


4. Propositions analytiques – Remblai non cohésif

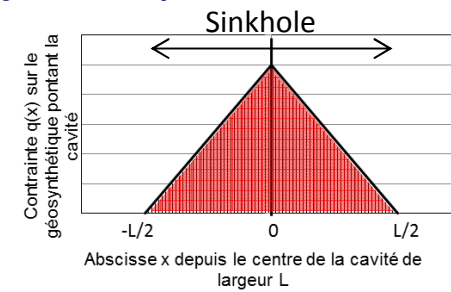
- Méthode de dimensionnement : Villard & Briançon (2008)
 - Charge moyenne sur le géosynthétique : Vardoulakis et al. (1981)
 - Forme de la distribution de contrainte sur le géosynthétique



« Grand » fontis



- Trappe
- « Petit » fontis

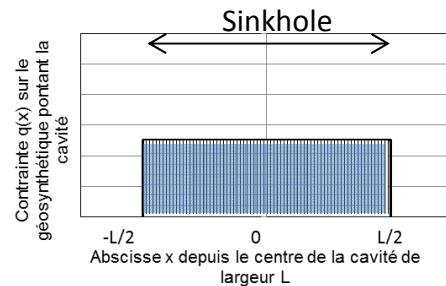


Surcharge

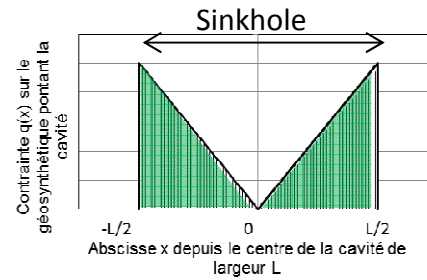
4. Propositions analytiques – Remblai non cohésif

- Méthode de dimensionnement : Villard & Briançon (2008)

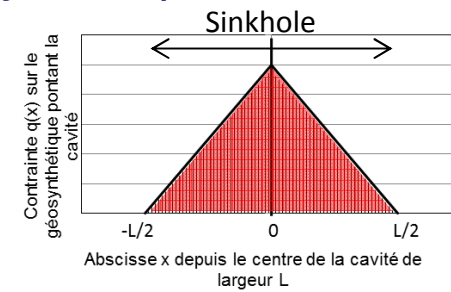
- Charge moyenne sur le géosynthétique : Vardoulakis et al. (1981)
- Forme de la distribution de contrainte sur le géosynthétique



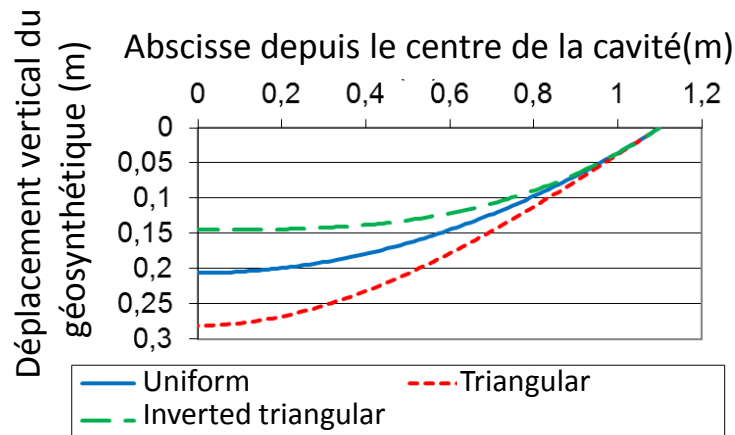
« Grand » fontis



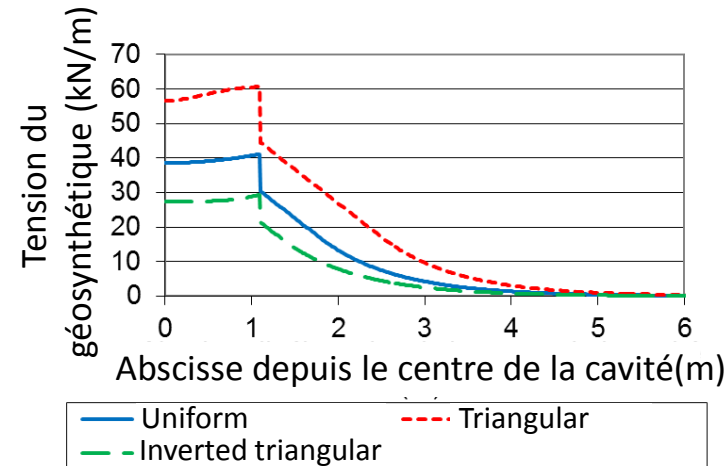
- Trappe
- « Petit » fontis



Surcharge



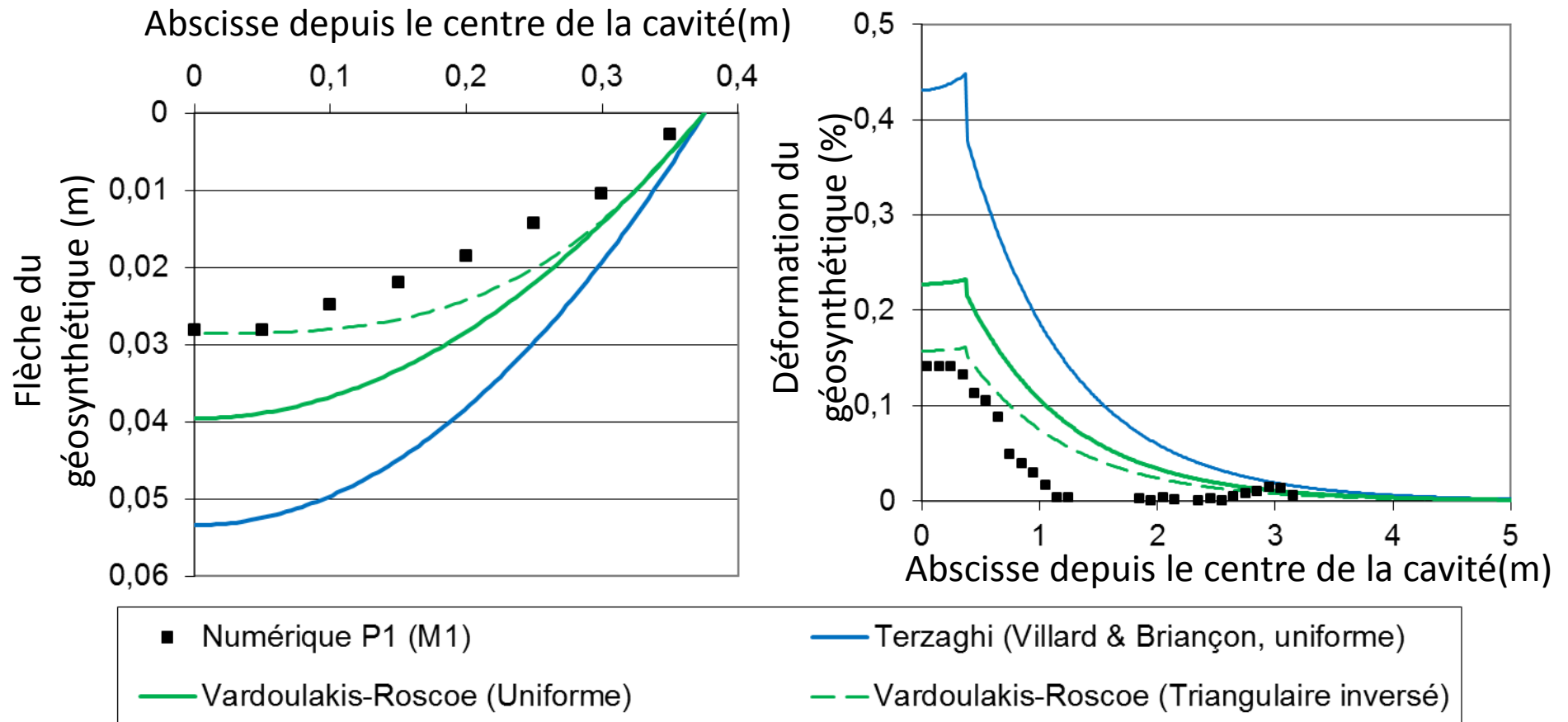
Effet de la forme de la distribution de contrainte : flèche du géosynthétique



Effet de la forme de la distribution de contrainte : tension du géosynthétique

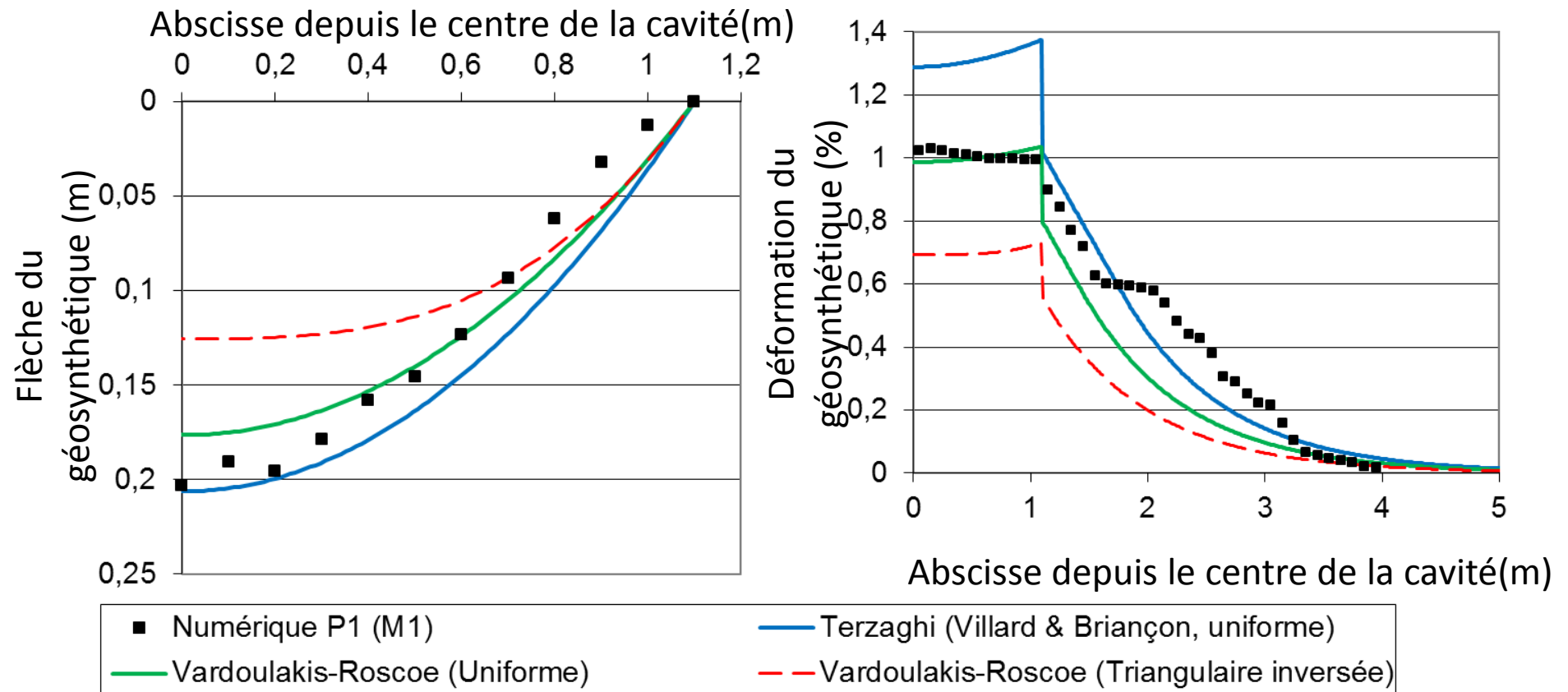
4. Propositions analytiques – Remblai non cohésif

- Confrontation aux résultats numériques : cavité $\varnothing$ 0,75 m



4. Propositions analytiques – Remblai non cohésif

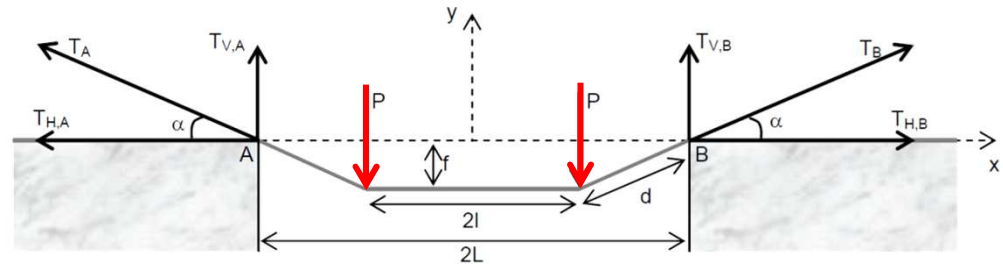
- Confrontation aux résultats numériques : cavité Ø 2,2 m



4. Propositions analytiques – Couche de sol traité

- Equilibre des efforts après effondrement d'un bloc de sol traité :

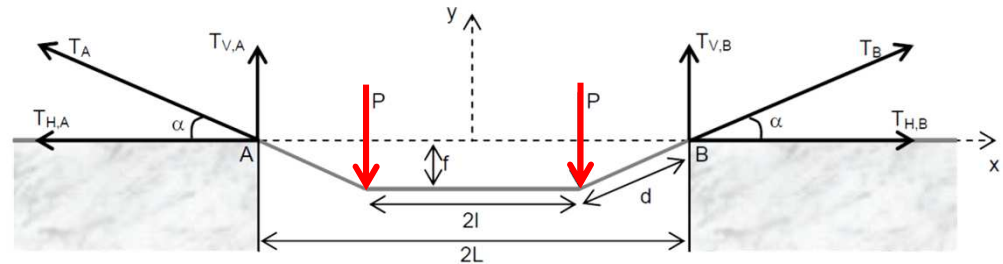
- Forces ponctuelles parallèles d'égale intensité
- Déformation aplanie du géosynthétique



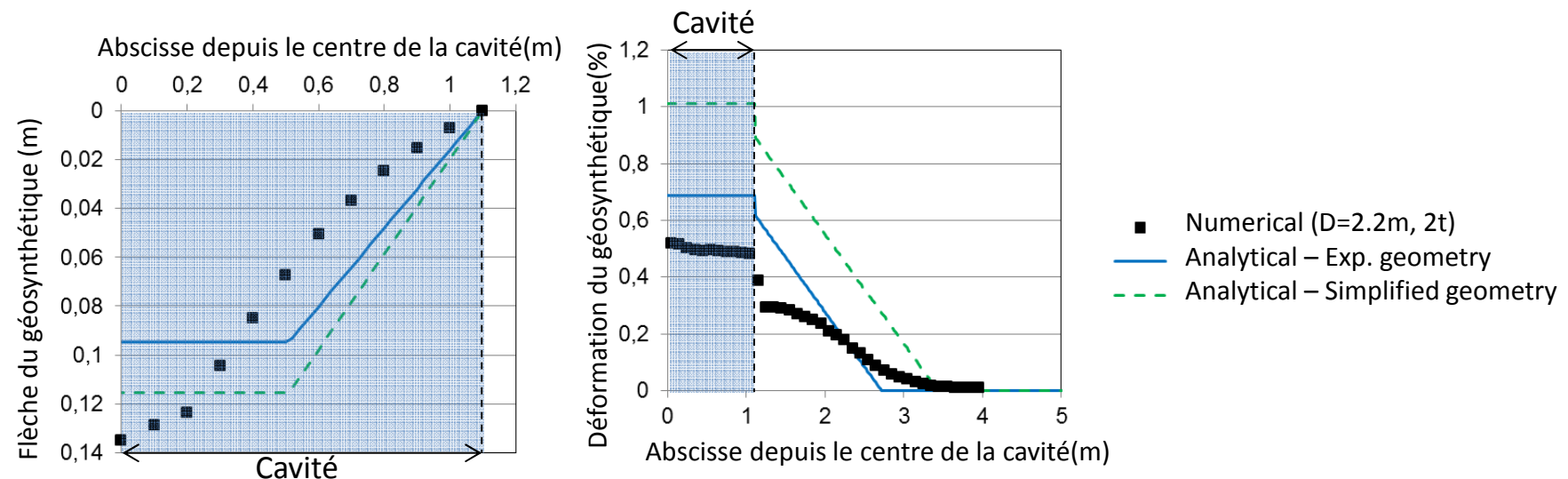
4. Propositions analytiques – Couche de sol traité

- Equilibre des efforts après effondrement d'un bloc de sol traité :

- Forces ponctuelles parallèles d'égale intensité
- Déformation aplanie du géosynthétique



- Confrontation des résultats analytiques et numériques :



5. Conclusions et perspectives

- Conclusions :

- Expérimentations: retours positifs (instrumentation)
- Travaux numériques: meilleure compréhension des transferts de charges, bonne complémentarité et adéquation avec le travail expérimental.
- Méthodes de dimensionnement analytique :
Possible optimisation de la distribution de contrainte sur le géosynthétique,
Transfert de charge global,
Proposition d'une méthode et réalisation d'un outils de calcul

- Perspectives :

- Affiner la compréhension des reports de charges
- ...

Approches expérimentale et numérique du dimensionnement de renforcements géosynthétiques sur cavités potentielles

Merci pour votre attention